

УДК 550.83-1029.12

О. Меньшов, канд. геол. наук,
А. Сухорада, канд. геол.-мін. наук
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ
pova@list.ru

ГЕОФІЗИКА ПЕДОСФЕРИ ТА ПРИРОДОЗНАВСТВО ВЕРНАДСЬКОГО

Розглянуто наукові здобутки В.І. Вернадського та В.В. Докучаєва у галузі ґрунтознавства. Приведено основи концепції геофізики педосфери. Продемонстровано можливості магнітних досліджень ґрунтів.

Природознавство В.І. Вернадського та В.В. Докучаєва. Наукові дослідження В.І. Вернадського у контексті вивчення педосфери (ґрунтового покриву Землі) нерозривно пов'язані з ім'ям його вчителя В.В. Докучаєва. Їх знайомство відбулося, коли Вернадський вступив на фізико-математичний факультет Петербурзького університету, де серед професорів знаходились світила російської науки: Менделєєв, Бекетов, Сеченов, Бутлеров. Однак найбільший вплив на Вернадського – генетика зробив Докучаєв, який викладав в університеті мінералогію. Молодий вчений неодноразово брав участь у експедиціях з вивчення ґрунтів Нижегородської губернії під керівництвом Докучаєва. Сфера наукових інтересів Вернадського вже у той час не обмежувалася мінералогією та ґрунтознавством. Він займався і досяг деяких результатів також у геології, кристалографії, історії.

В.В. Докучаєв (1846-1903) – російський вчений-натураліст, засновник ґрунтознавства як самостійної природничої науки. Організатор і керівник численних експедицій з вивчення ґрунтів Росії. Свої дослідження Докучаєв безпосередньо пов'язував з практичними питаннями сільського господарства. У цей період якраз і склалося ґрунтознавство як наука. Докучаєв відділив її від мінералогії і став розглядати як результат взаємодії сонячної енергії, гірських порід і складного життя рослин, комах, тварин. Майбутній академік Вернадський, слухаючи лекції Докучаєва, беручи участь в його експедиціях, згодом писав: "Він дав могутній поштовх науковій думці і роботі". Саме Докучаєв запросив молодого Вернадського стати хранителем мінералогічного кабінету, що багато в чому визначило всю наступну роботу Вернадського. Багато років не переривався зв'язок професора Василя Васильовича Докучаєва з його колишнім студентом – Володимиром Івановичем Вернадським. Так під час перебування Вернадського в Парижі Докучаєв просив його взяти на себе турботи з влаштування ґрунтознавчого розділу російського павільйону на Всесвітній виставці у Парижі 1889 року. У тому ж році

Докучаєв сам ненадовго відправлявся за кордон у Париж, Берлін, Відень.

Докучаєв розпочав ґрунтознавчі дослідження з 1875 року. Він був залучений до завершення ґрунтової карти Європейської Росії Чаславського ("Картография русских почв" – пояснювальна записка до неї). У 1877 р. йому було доручене дослідження чорноземів, яке він виконав протягом 1877-1881 рр. маршрутным ґрунтовим обстеженням чорноземної смуги, зокрема й України. Складаючи звіти і узагальнюючи матеріали, Докучаєв вже у 1878 році окреслює ознаки, властиві чорнознамам, а в 1879 р. робить два фундаментальні відкриття: дає загальне визначення ґрунту і називає головні ґрунтоутворювачі. Відкидаючи погляд на ґрунт, як утворення геолого-петрографічне, або хімічне, або орний шар землі, він стверджує: "ґрунт існує, як самостійне тіло з певною фізіономією, має своє походження, свої власні, лише одному йому притаманні властивості". Підсумковий звіт з дослідження чорноземів – книга "Русский чернозем" була представлена Докучаєвим на захист, як докторська дисертація. Захист пройшов блискуче. Докучаєв став доктором геогнозії, тобто геології. Насправді ж книга вміщувала основні положення нової природничої науки – ґрунтознавства.

Навколо Докучаєва згуртувалась блискуча плеяда ґрунтознавців і географів-природознавців, котрі сформували свій світогляд спочатку під впливом Докучаєва, а згодом – створили власні школи і вчення. Так виділилася найбільш потужна і яскрава верства докучаєвської школи – сузір'я всесвітньо відомих учених, творців нових галузей природознавства і прикладних напрямів природокористування, які в своїх найвищих досягненнях вийшли далеко за межі ґрунтознавства навіть у дуже широкому докучаєвському розумінні його змісту. Своєю діяльністю вони ініціювали та розвинули природознавчі науки, заклали теоретичний фундамент їхнього розвитку у XX столітті. Серед таких учених був і В.І. Вернадський, який після Нижегородської експедиції

з Докучаєвим з 1885 р. багато працює за кордоном, брав участь в усіх міжнародних геологічних конгресах, у Полтавській експедиції Докучаєва. З 1891 р. досліджує біогеохімічні процеси в мінералогії і ґрунтоутворенні. Розробив теорію будови силікатів і алюмосилікатів, нову еволюційну теорію походження мінералів, останні 20 років своєї творчості присвятив хімічній будові біосфери і розробці основ біогеохімії. Провідною ідеєю досліджень Вернадського стає розробка вчення про живу речовину і про біосферу Землі, як арену біогеохімічних перетворень, біогеохімічні цикли, вчення про ноосферу – включення людини і її розуму у природні процеси перетворення, вчення про біокосну природу ґрунту та біогеохімічна концепція ґрунтоутворення.

Поняття про педосферу [4]. Педосферою називають верхню оболонку літосфери (стратисфери), в якій відбувається ґрунтоутворення – біогеохімічний процес перетворення вивітрілих гірських порід у ґрунт – природне тіло літобіогенної природи, заселене організмами (коріння зелених рослин, мікроорганізми і фауна), вміщує гумус, глинисті мінерали і органомінеральні сполуки колоїдної природи, що акумулюють потенційну енергію, біогенні макро- і мікроелементи; має особливі фізико-хімічні і фізичні властивості (обмінне вбирання катіонів, зокрема коагулянтів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+}), під впливом яких, за участю живих організмів утворюється грудочувата структура; ґрунт здобуває пухке укладення, підвищену пористість, стає проникним для кореневих систем рослин, води і повітря, здатним до інфільтрації і утримування води, газообміну, поглинання і акумуляції біогенних елементів – тобто набуває властивостей, сприятливих для росту і розвитку вищих зелених рослин, отже має якісно нову ознаку – *родючість*.

Так можна визначити ґрунт згідно з поглядами В.В. Докучаєва, П.А. Костичева, М.М. Сибірцева, **В.І. Вернадського**, В.Р. Вільямса. До їхніх праць ґрунт переважно розглядався як об'єкт геолого-мінералогічний, різновид гірської породи, або як орний шар ріллі. Докучаєв показав, що ґрунт як природне тіло має своє походження (генезис), специфічні, притаманні лише йому риси – профільну будову, генетичні горизонти, кожний з своїми ознаками, складом і властивостями, вивчати які повинна окрема наука – ґрунтознавство. Ґрунт, як природне тіло є результатом, функцією природних чинників – факторів ґрунтоутворення, гірських порід, клімату, рослинних і тваринних організмів та їх решток, рельєфу та часу.

Вернадський встановив біогеохімічну природу ґрунтоутворення, визначив ґрунт, як біокосне тіло, результат взаємодії живої і косної речовини; зелені рослини здатні засвоювати сонячну енергію і вибірково акумулювати біогенні елементи з косного середовища; в гумусі і специфічних ґрунтових глинистих мінералах, глинисто-гумусових комплексах зосереджені особливі властивості ґрунту, такі як концентрація потенційної енергії, інформації, поживних речовин, здатність до поглинання катіонів і утримування води й повітря; вони й обумовлюють особливу, притаманну лише ґрунтові якість – його родючість.

Ґрунтовий покрив Землі (педосфера) почав формуватися з виходом зелених рослин на суходіл у силурі-девоні і еволюціонував разом із землею поверхнею, кліматом і наземною біотою, неодноразово змінюючись. Ґрунти формувались і змінювались, зникали (переходили до складу континентальних осадових стратисфери) під час трансресій і зледенінь, формувались знову після звільнення земної поверхні від води і льоду. Безліч таких змін ґрунтового покриву, що відбувалися протягом геологічного часу закарбовані у континентальних

фаціях стратисфери, особливо у верхніх, наймолодших її шарах. Нині у помірних географічних поясах поширені переважно молоді ґрунти на антропогенових відкладах; в субтропіках і тропіках зустрічаються давні ґрунти мезозойського та іншого, дуже давнього віку.

Сучасна диференційованість педосфери відповідає різноманіттю умов ґрунтоутворення у горах і на рівнинах відповідно до кліматичних поясів і природних зон з різною зволоженістю і рослинністю, а в їх межах – на різних породах, під впливом ґрунтових вод і без такого впливу.

При постійному льодовому і сніговому покриві (Антарктида і Гренландія, арктичні острови, гірські льодовики та нивальна зона високих гір) ґрунти відсутні, отже педосфера не суцільна. Крім того, у горах і на рівнинах з надто холодним або сухим кліматом, на кам'янистих і піщаних територіях ґрунтовий покрив несуцільний або слабозрозвинений, малоцінний.

Повнорозвинені ґрунти займають не більше 60% земного суходолу, проте і серед них багато бідних із незначною родючістю (ареносолі і літосолі усіх поясів і зон, такири і сіро-бурі пустельні ґрунти, солончаки і солонці, тундрові і тайгові підбури та ін.).

Таким чином, педосфері притаманна несуцільність ґрунтового покриву за рахунок абіотичних ландшафтів полярних поясів і високогір, якісна нерівноцінність, зумовлена нерівномірним розподілом кліматичних ресурсів і відповідної їм рослинності, засоленістю; а в межах більш цінної їх половини – різноманітність генезису, складу, режимів і властивостей, що зумовлюють морфологічну неоднорідність і неоднакову родючість ґрунтів.

Іще однією особливістю педосфери є динамічність, мінливість. У природних умовах помітні зміни ґрунтів відбуваються внаслідок зміни природних умов протягом тисячоліть. У горах, зонах активного вулканізму можливі швидкі зміни рельєфу, і гідрологічних умов, ґрунтоутворювальної породи. В сучасних умовах найбільше впливає на зміну ґрунтів господарська діяльність людини – вирубування лісів, розорювання земель, гірничодобувні роботи, наслідком яких може бути знищення або прискорена деградація ґрунтового покриву і деструктивні процеси, які можуть різко змінити або знищити ґрунтовий покрив за кілька десятиріч.

Біокосна природа ґрунту. Ґрунт утворюється на поверхні Землі у тій частині біосфери, де зникаються й проникають одна в одну три часткових оболонки – літосфера, атмосфера та гідросфера, а також де щільність живої речовини планети є найбільшою. В.І. Вернадський показав, що в ґрунтовій оболонці (педосфері) усі ґрунтові процеси мають біогеохімічний характер, тобто безпосередньо або дотично зв'язані з життєдіяльністю всієї сукупності живих організмів, що населяють планету з моменту виникнення життя на Землі (більше трьох мільярдів років).

Сукупність живих організмів Вернадський називав живою речовиною біосфери, на відміну від косної мінеральної речовини, що знаходиться в цій оболонці – гірських порід. Протиставленням живої речовини організмів і косної речовини порід Вернадський підкреслював передусім енергетичну роль живих організмів як акумуляторів і перерозподільників сонячної енергії: "Жива речовина являє з хімічної точки зору активну форму матерії – механічну, теплову та ін. Мінерали, хімічні молекули, що утворюються за участі живої речовини теж є носіями тієї ж енергії, початок якої лежить у променевій енергії Сонця. В організмах, в живій речовині енергія у значній мірі вільна, здатна виконувати роботу. Жива речовина є формою активної матерії, і ця енергія тим більша, чим більша маса живої речовини".

У ґрунтах щільність життя особливо велика і вони є акумуляторами сонячної енергії, зафіксованої і в масі

живої речовини, і в різноманітних вторинних мінеральних і органомінеральних утвореннях; нагромадження енергії в ґрунтах не супроводжується тривалою консервацією її в якійсь одній формі. Внаслідок біоосної природи ґрунтів, насиченості їх активною живою речовиною і формуванню ґрунтів на поверхні Землі, тобто у частині біосфери, до якої безперервно надходять все нові порції сонячної енергії, тут відбувається безперервне оновлення і трансформація форм енергії. Енергетична активність і енергонасиченість ґрунтів обумовлюють велику швидкість і своєрідність процесів трансформації у них мінеральних та органічних сполук.

Ґрунтоутворення – це поліциклічний процес, а ґрунт – це складна відкрита динамічна система, що являє собою одночасно і результат тривалої взаємодії факторів ґрунтоутворення, і те середовище, в якому ця взаємодія безперервно здійснюється у певний час.

Цикли відновлення головних ґрунтоутворювальників – материнських порід, води повітря, живої речовини, органічних залишків і продуктів їх гуміфікації відрізняються за тривалістю на кілька порядків, складаючи від десятків і сотень тисяч років до кількох діб і навіть годин (газообмін і водообмін у верхніх горизонтах ґрунтів).

Поєднання повільних циклів відновлення ґрунтоутворюючих порід і швидких багаторазових циклів відновлення живої речовини, розкладу органічних залишків, відновлення води й повітря призводить до того, що у ґрунтах, не порушених прискореною ерозією або новим осадоутворенням, з кожним новим циклом ґрунтоутворення зменшується вплив складу і властивостей вихідної породи, вже істотно перетвореної сукупним впливом постійно відновлюваних біогенних компонентів.

Чим триваліший процес ґрунтоутворення, тим яскравіше проявляється результат впливу компонентів з більш швидкими циклами відновлення, оскільки їх сумарна участь у ґрунтоутворенні з плином часу все більше зростає. Швидкі цикли біологічного кругообігу речовин, активність живої речовини, надто велика її роль у перегрупованні атомів, а також значна щільність живої речовини у ґрунтах дали підставу Вернадському віднести їх до особливих, біоосних тіл природи.

У біоосній природі і високій енергетичній активності ґрунтів полягає причина родючості ґрунтів – їх здатності забезпечувати рослини елементами живлення, вологою, повітрям і теплом, необхідними для дихання й росту коріння та мікроорганізмів, що населяють ґрунт.

Ґрунтоутворювальний процес у його загальному вигляді – це сукупність явищ, що відбуваються під впливом сонячної енергії в поверхневому шарі земної кори при взаємодії живих організмів і продуктів їх розпаду з мінеральними сполуками гірських порід, води й повітря. Поглинання живими організмами мінеральних елементів з оточуючого середовища і виділення ними у процесі життя різних органічних та мінеральних сполук, що впливають на це середовище і змінюють його, являють два головних органічно пов'язаних протилежних комплекси явищ (біохімічних, хімічних, фізичних, фізико-хімічних), які в своїй єдності складають єство будь якого ґрунтоутворювального процесу.

Геофізика педосфери. Педосфера – традиційний об'єкт досліджень наук географічного циклу, від вивчення якого у 20-му столітті практично відмовились геологи, незважаючи на революційний характер змін, внесених у ґрунтознавство дослідниками з геологічною ментальністю. Особливо остання теза ясно ілюструється науковою діяльністю доктора геології Докучаєва, докторська дисертація якого є хрестоматійною роботою з генетичного ґрунтознавства.

Фізика ґрунтів – класичний розділ ґрунтознавства. Класичною науковою галуззю є також агрофізика. Здавалось би з точки зору фізичного методу пізнання ґрунти вивчені досить добре. Проте існує один аспект вчення про педосферу, який до останнього часу лишається мало дослідженим. Мова йде про ґрунтовий покрив, як джерело геофізичних аномалій. Оскільки сучасний ґрунт знаходиться на поверхні Землі, він природним чином є першим аномалієутворювальним фактором локальних геофізичних аномалій, котрі вивчає геофізик (як фундаментальна, так і прикладна). Логічно прийти висновку, що відповідні аномалії є складовою частиною геофізичних аномалій, що генеруються ландшафтом (ландшафтних аномалій). На відміну від останніх джерело ґрунтових локальних аномалій (тобто педофізичних аномалій) є визначеним досить чітко. Це сучасний ґрунтовий профіль з належними йому ґрунтовими горизонтами (включно ґрунтоутворювальні породи, шар С за Докучаєвим).

Відповідно до вище сказаного треба досліджувати також фізичні властивості ґрунтів, що визначають здатність ґрунтового покриву створювати локальні геофізичні (відповідно краще педофізичні) аномалії. Аналогічно тому, як петрофізичні дослідження є обов'язковим атрибутом геофізичних робіт, коли мова йде про інтерпретацію геофізичних аномалій, навіть постановка геофізичних робіт, спрямованих на вивчення ґрунтового покриву, неможлива без регулярного вивчення фізичних властивостей ґрунтів. Їхні (властивості) ми і називаємо педофізичними дослідженнями. Стан проблеми при цьому досить "нерівний". Деякі фізичні параметри ґрунтів (в тому числі і в Україні) вивчені дуже добре (наприклад, густина). Інші ж, навпаки. Так магнітні властивості ґрунтів України до наших робіт систематично не досліджувались.

Магнетизм ґрунтів. Ґрунтовий покрив є однією з основних ланок, які формують комплекс сфер та ресурсів для існування людства на планеті Земля. Вернадський зауважив, що ґрунт зберігає Землю від руйнування. Більше того, нафта, газ, вугілля можуть бути замінені атомною енергією, а ґрунт замінити нічим. Останнім часом ґрунтовий покрив стає об'єктом дослідження не лише ґрунтознавців та аграріїв, а й екологів, промисловців, геологів і нарешті геофізиків. Пояснюється ця обставина багатогранністю, багатокомпонентністю та розмаїтістю ґрунтів, а також роллю ґрунту, найпершого від поверхні геологічного об'єкта.

Протягом тривалого проміжку часу в геофізиці ґрунтовий покрив сприймався лише як шар завад, а його вплив фактично ігнорувався при дослідженнях відповідних геофізичних полів та властивостей. Поступово ґрунтовий покрив став об'єктом дослідження геофізиків і зокрема магнітометристів. Насправді найбільш магнітні типи ґрунтів при заляганні на слабкомагнітних гірських породах можуть ставати основними джерелами локальних магнітних аномалій. Такі ситуації широко відомі для території України, особливо для регіонів, перспективних щодо покладів нафти та газу. Ґрунтовий покрив відзначається значною акумуляцією в собі різних форм екологічного забруднення, а відтак за допомогою магнітного моніторингу ґрунтового покриву стає можливим робити певні висновки про екологічне забруднення територій [1, 7]. Зареєстровані залежності між міграцією вуглеводнів та магнетизмом ґрунтів над покладами нафти та газу стають основою для можливості використання магнітометрії ґрунтового покриву при пошуках та розвідці корисних копалин і, зокрема, вуглеводнів [2, 6]. Крім того, необхідно враховувати педомагнітні властивості при інтерпретації слабоамплітудних магнітних аномалій, що є надзвичайно важливим при

пошуках алмазів та детальному геологічному картуванні. Важливість використання педомагнетизму в ґрунтознавстві та аграрному секторі для моніторингу родючості ґрунтів, складання відповідних ґрунтових карт, визначення ерозійних процесів у ґрунтовому покриві вже сьогодні доводиться залученням відповідних методів у виробництво [3, 5].

Таким чином, накопичений нами досвід досліджень в галузі педомагнетизму засвідчує необхідність проведення відповідних спостережень в режимі постійного контролю за станом педосфери на територіях, які відзначаються найбільш характерними ландшафтними ситуаціями і геоморфологічними ознаками в межах основних ґрунтово-кліматичних зон України. Дослідженням саме незабруднених, а відтак, можна сказати, еталонних ґрунтів займається агрогеофізика [8]. Фактично агрогеофізика являє собою залучення методів магнітометрії, в тому числі магнетизму ґрунтового покриву, до розв'язання задач агропромислового комплексу та ґрунтознавства. Основою використання педомагнетизму при дослідженнях ґрунтового покриву є залежності між магнетизмом ґрунтів та вмістом в ньому гумусу та інших агрономічних та педологічних характеристик, відбитті будови генетичних ґрунтових горизонтів в розподілі магнітних характеристик, зміні відповідних магнітометричних показників при зміні різних форм ландшафтів та геоморфологічних ситуацій.

Крім того, для України останнім часом фіксуються загрозливі тенденції до зменшення гумусності та енергії ґрунту, що є надзвичайно небезпечним явищем в контексті ролі ґрунтового покриву як основи аграрного виробництва країни. Необхідною умовою успішності функціонування агроґрунтової системи є належні підходи до регулювання систем зрошення та водних режимів продуктивних сільськогосподарських угідь. У світі 60-80% зе-

мель підлягають зауваженню вище контролю, а в Україні ситуація є зворотною і катастрофічною. Нарешті, у зв'язку із антропогенним впливом кондиційність сучасної ґрунтової карти зберігається лише протягом 15 років, тобто сьогодні Україні необхідна нова ґрунтова карта, а класичні підходи педологів до її складання в сучасних умовах не є оптимальними. Висновок із зазначеного вище є очевидним – одним із інструментів, що допоможе вирішити дані питання, може бути магнітометрія.

Список використаних джерел

1. Blaha U. Determination of anthropogenic boundary depth in industrially polluted soil and semi-quantification of heavy metal loads using magnetic susceptibility / U. Blaha, E. Appel, H. Stanjek // *Environmental Pollution* – 2008. – no 156. – pp. 278-289.
2. Gonzalez F. An integrated rock magnetic and EPR study in soil samples from a hydrocarbon prospective area / F. Gonzalez, M. Aldana, V. Constanzo-Alvarez, M. Diaz, I. Romero // *Physics and Chemistry of the Earth*. – 2002. vol. 27, P. 1311-1317.
3. Hongya Wang. A 42-yr soil erosion record inferred from mineral magnetism of reservoir sediments in a small carbonate-rock catchment, Guizhou Plateau, southwest China / Hongya Wang, Yuying Huo, Lingyun Zeng, Xiuqin Wu, Yunlong Cai // *Journal Paleolimnol.* – 2008. – № 40. – P. 897-921.
4. Дослідження петромагнітних особливостей орного шару деяких характерних ґрунтів України в зв'язку із визначенням їх агрогеофізичної інформативності : [звіт / відп. викон. А. М. Жадан, К. М. Тяміна]. – Балаклія, 2001. – 145 с.
5. Меньшов А.И. Информативность показателей магнетизма почвенного покрова при решении агрогеофизических и почвоведческих задач / А. И. Меньшов, А.В. Сухорада, А.В. Круглов // *Научный Вестник НГУ* – 2012. – Дніпропетровськ – № 3(129). – С. 7-13.
6. Меньшов О.І. Геологічна інформативність магнітних досліджень при пошуках вуглеводнів. Стан проблеми / О.І. Меньшов, А.В. Сухорада // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – К., 2011. – С. 59-70.
7. Меньшов О.І. Ультрадетаальна магнітометрія при вивченні довкілля / О.І. Меньшов // Матеріали шостої міжнародної науково-практичної конференції "Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів". – Дніпропетровськ, 2011. – С. 52-54.
8. Сухорада А.В. Агрогеофізика – ідеологія, концептуальна основа, стан та перспективи розвитку / А.В. Сухорада // *Вісник КНУ імені Тараса Шевченка, Геологія*. – 2001. – № 19. – С. 58-64.

Надійшла до редколегії 30.01.13

А. Меньшов, канд. геол. наук, А. Сухорада, канд. геол.-мин.наук
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

ГЕОФИЗИКА ПЕДОСФЕРЫ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ В.И. ВЕРНАДСКОГО

Рассмотрены научные достижения В.И. Вернадского и В.В. Докучаева в области почвоведения. Приведены основы концепции геофизики педосферы. Продемонстрированы возможности магнитных исследований почв.

O. Menshov, Cand. Sci. (Geol.), A. Sukhorada, Cand. Sci. (Geol.-Min.)
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

GEOPHYSICS OF PEDOSPHERE AND ENVIRONMENTAL STUDIES OF V.I. VERNADSKY

The scientific achievements of V.I. Vernadsky and V.V. Dokuchaev for soil science are considered. The foundations of the geophysics of pedosphere concept are given. The possibilities of magnetic investigations of soils are shown.