

Гранулометричен анализ на морски седименти с лазерен седиментограф (гранулометър)

Масовото навлизане на електронната техника във всички отрасли на научноприложната дейност наложи ревизиране и на конвенционалните методи за гранулометрична сепарация на теригенните скали. Особено подходящ в това отношение се оказва автоматизираният лазерен седиментограф (гранулометър) на фирмата „MALVERN“ (Англия), монтиран за пръв път у нас в лабораторията по „Морска геология“ на Геологическия институт на БАН.

Уредът използва принципа на дифракция на лазерния лъч, на пътя на който в специален прободържател са поставени частиците на пробата (във водна или някаква друга среда), приведени в непрекъснато ламинарно движение. Накратко, действието на апарата и същността на експеримента се състоят в следното.

Определено количество от изследваната проба, концентрацията на която в суспензия се контролира автоматично, се подава от ултразвуков танкер в прободържателя (фиг. 1), където при непрекъснатата циркулация, докато трае експериментът, имат достъп всичките ѝ частици. Захранването на системата от танкера към прободържателя се осъществява чрез помпа и съединителни тръби, а хомогенизацията и представителността на пробата — с бъркалката на танкера. Експериментът започва, когато лазерната установка на системата задействува през прободържателя с циркулиращата в него суспензия. При пресичане на лазерния сноп от лъчи от някаква частица на пробата последната отразява попадналия на пътя ѝ лъч под определен ъгъл. Всички отразени от частиците лъчи (в зададения интервал от време, характеризиращ продължителността на измерването) се улавят от една оптична система, в която е включена и леща на Фурие. Отразените лъчи се фокусират върху един чувствителен многосекторен датчик, но така, че всеки сектор (сегмент) от него посредством лещата на Фурие да „улавя“ само онези от отразените лъчи, които падат под адекватен ъгъл,

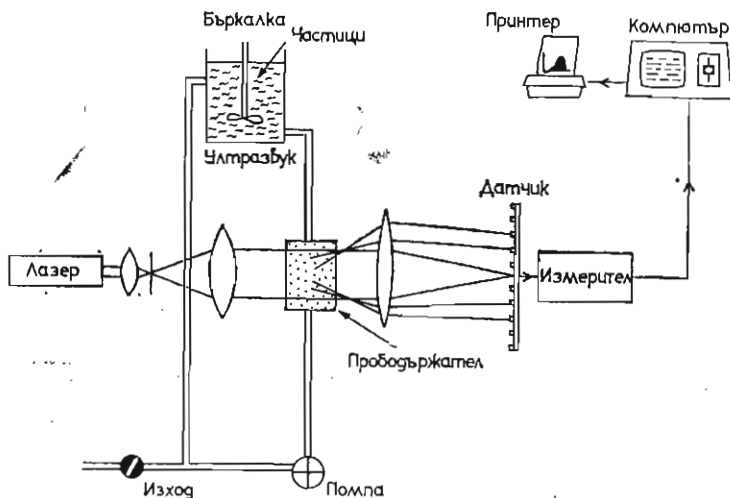
т. е. произлизат от частици с еднаква големина. Попаднали веднъж върху такъв сегмент, отразените лазерни лъчи емитират аналогов сигнал, който е пропорционален на светлинния интензитет, или фигуративно казано „на бройката на частиците, попаднали в определен сегмент на датчика“.

Многосекторният датчик притежава 16 сегмента, които диференцират 16 ленти на измерване. Всяка лента се характеризира с определен размерен обхват така, че граничните стойности на лентите (долната и горната им граница) да се припокриват, или все едно застъпват, от една лента в друга. Размерният обхват на лентите обаче не е строго фиксиран, а зависи от номенклатурата на поставената леща: при фокусно разстояние от 100 mm например, граничният обхват на включените по големинна частици е 188—1,9 микрона, който, разделен на 16 ленти, дава всъщност размерите на 16-те гранулометрични фракции, участващи в този интервал; при фокусно разстояние 63 mm фракциите са също 16 (колкото на брой са и измерителните ленти), но съгъсти в по-малък измерителен обхват между 118 и 1,2 микрона и граничните им стойности са различни от тези на 100 mm леща. Уредът притежава и лещи с по-голям фокусно разстояние (от 300, 600, 800 и 1000 mm), които обхващат частиците до 1800 микрона, но стандартните му приложения в обработката на съвременните морски утайки дават оптимални резултати при лещите от 100 mm или 63 mm.

По-нататък създаденият от датчика аналогов електрически сигнал се усилва и линеализира от аналоговата електроника на уреда, и след като се преобразува в подходящ цифров вид, се подава на информационните шини на персонален компютър тип „Commodore“. Последният интегрира данните от цялостното измерване и съгласно вложения му софтуер пристъпва към обработка. Продължителността на измерването, броят на измерванията и

усредняването на данните, както и други параметри на експеримента могат да се задават от клавиатурата на компютъра и да се променят по желание на потребителя. В крайна сметка на уреда се извършва осредняване на достатъчно голям брой

циите, зърнометричното разпределение в цифров кумулативен вид (до 100%), теоретично очакваното и действителното разпределение на светлинната енергия, и др. По команда от оператора цялата информация от дисплея плюс графичното предста-



Фиг. 1. Схематично устройство на лазерната система

измервания, така че евентуално получената грешка от флукуации да се елиминира.

Компютърът е снабден с три програми за извършване на анализ, но езикът BASIC дава възможност за написване и на собствени програми от потребителя, а флопидисковото устройство — и за тяхното архивиране. Първите две програми извършват нелинеен анализ на постъпващите данни от измерванията и ги сравняват с три от най-често срещаните разпределения на частиците: нормално, логнормално и разпределение по Розин—Ремлър. Третата програма извършва сравнение с разпределение, фиксирано от независими променливи, но за целите на granulометричния анализ на морски утайки тя не се използва. По една от двете програми (или собствено предложената) компютърът измерва автоматично съответствието на данните от измерванията към една от заложените разпределителни криви и предлага логическа оценка, която е най-сигурният показател за коректността на получените резултати. Когато тя е в границите на определена стойност, точността е гарантирана, а ако е извън тях, налага се промяна или проверка на условията на експеримента. По-нататък данните се пресмятат по метода на най-малките квадрати и на дисплея в графичен вид се появяват хистограми на разпределенията, а в табулиран — процентните съдържания на фрак-

виане на кумулативната крива може да се изведе на принтер и да се разпечата. При малки усъвършенствания в програмата на принтера могат да се изведат и различни диагностични параметри (средни диаметри на частиците и други granulометрични показатели) и измерените хистограми. В перспектива е оставено програмното развитие за сравняване на измерени вече данни и пресметнати резултати от различни експерименти, както и екстраполиране на кумулативната крива при въвеждане на данни за отнетите предварително едри фракции (над 63 микрона) по методичната постановка на лабораторията.

За натрупване на голяма банка от данни при измерванията на различни проби към компютъра има възможност за включване на касетофон. Към него е монтирано и флопидисково устройство, което в качеството на външна памет може да натрупва данни по желание на потребителя.

Уредът пригвежава висока прецизност, но изисква същото условие и от тези, които го ползват. На първо място, това е изключителната чистота на оптичката система, прободържателя и хранящото го устройство. Особено внимание тук трябва да се обърне на отстраняването на въздушните мехурчета, които се появяват често при промиване на съединителните тръби и прободържателя, тъй като те

са съизмерими с частиците на пробата и присъствието им води до грешки в резултатите от експеримента. До подобни грешки води и недостатъчната юстировка на оптичната система, настройването на която се контролира от компютъра и е първото условие преди включването към работен режим; както и замърсявания от различен характер (прах, остатък от проба на предишния експеримент), които се измерват и запомнят автоматично, и се прибавят към характеристиката на пробата, ако не се отстранят до получаване на минимален нулев фон.

Важен момент в извършването на експеримента е и фиксиране на представителността на пробата. За тази цел в лабораторията по „Морска геология“ бе разработена методика за предварителна обработка на пробите от съвременните морски седименти, която включва избор на изходно тегло (2 до 5 g), накисване в дестилирана вода, отстраняване на лесно разтворимите соли, дезинтеграция с ултразвук и водно пресяване през сито 63 микрона, въвеждането на което ни дава ориентировъчна информация за размерното разсейване на частиците в тях. По-нататък, остатъкът над ситото, ако има такъв, се разделя на фракции и данните от последните в тегловни проценти могат да се въведат в компютъра за редукция и цялостна характеристика на изследвания материал; а основната маса на пробата, останала в суспензия под сито 63 микрона (0,063 mm), се прехвърля в 250 ml мерително стъкло, стабилизира се с диспергант, количеството и видът на който се определя по таблицата на *Bernhardt* (1980) и се съхранява плътно затворена до провеждането на експеримента. Тъй като достигането на оптимална концентрация (контролирана автоматично от компютъра) става много бързо и уредът се „задоволява“ с минимално количество от изследвана проба (особено ако се използват клетъчни прободържатели), важно е в тази част да попаднат представителни частици от нея, които да гарантират възпроизводимост на резултата.¹ Максимален ефект в това отношение бе постигнат чрез използване на

вакуумни всмукатели (стъклени тръбички), които след бурно разбъркване на пробата, изтеглят веднага от нея вертикален стълб по цялата височина на суспензията в мерителното стъкло.

Постановката на експеримента изисква и индивидуален избор на лещите от 63, 100, 300 mm или по-голямо фокусно разстояние. В практиката на лабораторията, където в момента се обработват предимно финозърнести дълбокоморски утайки, оптимални резултати се получиха от 63- и 100-милиметровата леща, тъй като те предлагат максимум информация за тази част от зърнометричните спектри, в която е концентрирана основната маса от гравитните им частици. При това водното пресяване през сито 0,063 mm ни гарантира отсъствие на частици над този размер в суспензията, която циркулира в прободържателя, така че подмяната на лещите, препоръчвана от фирмата за цялостно изследване на пробата — една прецизна операция, свързана с разстигане на уреда — се явява излишна.

Най-важните предимства на уреда са следните:

1. Автоматично контролиране на нулевите условия на експеримента.
2. Автоматично контролиране на оптималната концентрация на пробата.
3. Автоматично търсене на максимално съответствие между теоретично и измерената разпределителна крива.
4. Автоматично пресмятане, дисплейване и разчертаване на цифрови и графични данни.
5. Висока производителност, която при рутинна работа дава данни за 15 до 20 проби на ден със степен на обработка според желанието на потребителя.

Литература

- Bernhardt*, C. 1980. Liquids and Admixtures for Sedimentation Analysis. — *Ac. Sci. GDR, Research Inst. Purif. Proces. Particle Sizer Reference Manual*. — MALVERN Instruments, England, 1981.
- 2600 *Particle Sizer User Manual*. — MALVERN Instruments, England, 1981.

К. Иванов, Н. Рускова
Геологически институт, 1113 София

¹ По тази причина клетъчни прободържатели, които се зареждат с незначително количество проба без циркуляция до ултразвуковия танкер, не са подходящи за рутинна работа в лабораторията.