

## 4 laboratorinis darbas

### NEPAVOJINGŲ GAISRUI TECHNOLOGINIŲ PLOVIMO PRIEMONIŲ NAUDOJIMAS TECHNOLOGINIAMS APARATAMS IR DETALĖMS VALYTI

#### *Darbo tikslas*

1. Pagilinti teorines žinias.
2. Gauti praktinių įgūdžių, nustatant užterštų paviršių plovimo efektyvumą.

#### **Teorinė dalis**

Užterštų paviršių valymas – tai procesas, kurio metu nuo jų pašalinami iki reikiamo švarumo laipsnio mineralinės, neorganinės bei organinės kilmės technologiniai ir eksploataciniai teršalai (dulkės, smėlis, tepalai, pastos, dervos, emulsijos ir t. t.). Švarių paviršiumi vadiname tokį paviršių, ant kurio išvalius lieka tiktai gamybai leistinas (jos netrikdantis) teršalų kiekis.

Pusfabrikačių, gaminių ir technologinės įrangos paviršiams švarinti vis dar naudojami įvairūs organinės kilmės tirpikliai: benzinas, žibalas, acetonas, terpentinas ir kt. Tačiau šie LUS ir DS yra gana lakūs, o jų mišiniai su oru gali sprogti. Todėl jais plaunant paviršius, reikalinga speciali įranga, papildamos apsaugos priemonės. Šios medžiagos yra toksiškos dirbančių asmenų sveikatai. Vietoje šių medžiagų racionalu naudoti kitas, nepavojingas gaisrui ir sprogimui technologines plovimo priemones (TPP).

TPP – tai daugiakomponenčiai skysti cheminių medžiagų mišiniai, dažniausiai turintys sudėtyje paviršiaus aktyviųjų medžiagų (PAM), kurios mažina ploviklio paviršiaus įtempimą.

TPP parinkimas bei plovimo technologija priklauso nuo teršalų rūšies, teršimo šaltinio ir kt. TPP parenkame naudodamiesi literatūros duomenimis.

#### **PAM charakteristika**

Amfifiliniai junginiai – tai molekulės, turinčios tiek hidrofilinę, tiek hidrofobinę dalį. Kaip pavyzdį galima paminėti pakankamai paprastas medžiagas, tokias kaip trumpagrandžiai spiritai ir amidai (akrilamidas). Šio tipo molekulės paprastai aktyviai veikia paviršių ir nebūtinai turi poveikį stipriam paviršinio įtempio sumažėjimui. Nubrėžti aiškią ribą tarp molekulinės struktūros ir to, kas iš tikrųjų yra PAM, gana sudėtinga, todėl susikoncentruosime ties tokia darbine sąvoka: PAM – tai paviršinio aktyvumo amfifiliniai junginiai, kurie agreguojasi (save organizuoja) vandenyje arba kituose tirpikliuose ir sudaro įvairias mikrostruktūras (pvz., mikrolašelius ar dvigubus sluoksnius). Pasirinkę tokią apibrėžtį, mes atmetame daugelį reikšmingų polimerinių dispergentų (želatiną, polivinilpirolidoną), kurie aktyviai veikia paviršių ir atlieka daugelį kitų PAM būdingų funkcijų, tokių kaip koalescencijos ir flokuliacijos dalelių stabilizavimas. Vis dėlto kai kurie polimeriniai dispergentai lieka – blokinių kopolimerų pagrindo vidutinio molekulinio svorio PAM, sudarančios mikrostruktūras, analogiškas mažo molekulinio svorio medžiagoms.

#### **PAM klasifikavimas**

PAM klasifikavimo schemas tradiciškai yra paremtos fizikinėmis savybėmis arba funkcionalumu. Labiausiai paplitusi ir klasifikacijai naudojama savybė yra joniškumas – PAM gali turėti krūvį arba jo neturėti, būti joninė arba nejoninė. Kita savybė yra molekulinė masė – nominaliai PAM yra arba mažos molekulinės masės ( $MM < 400$ ), arba didelės

molekulinės masės ( $MM \approx 2000\text{--}20\,000$ ). Dar viena svarbi PAM savybė yra fizikinė būseną. Įprastinėmis sąlygomis PAM – tai kristališki kietieji kūnai, amorfinė pasta arba skystis. Kadangi daugelis pramoniniu ir biologiniu požiūriu reikšmingų PAM turi vieną ar du angliavandenilinius radikalus, skiriamos dvi PAM klasės. Paprastai PAM funkcionalumas yra dažniau pasitelkiamas klasifikavimui atlikti. PAM gali būti geri dispergentai, emulsikliai, antiputokšliai, flokuliantai ar flotacijos agentai.

### **PAM tipai**

Pagrindinė PAM klasifikacija remiasi jų paviršiniu aktyvumu ir pageidautina agregacija skystuose skiriamuosiuose paviršiuose, pvz., „dujos–skystis“, „skystis–skystis“ ar „kietoji medžiaga–skystis“. Kadangi tai yra amfifiliniai junginiai, jie visada turi mažiausiai dvi funkcines dalis – solvofilinę (kuri paprastai yra hidrofilinė) dalį, kuri dažniausia solvatuojasi tirpiklyje, ir solvofobinę dalį, kuri tame pačiame tirpiklyje mažai solvatuojasi.

Solvofiliškumas (hidrofiliskumas vandens atžvilgiu) paprastai yra būdingas funkcinėms grupėms, pasižyminčioms artimu giminingumu su tirpikliu. Šios grupės gali turėti krūvį. Krūvį turinčios grupės būna gan paprastos, pvz., amfifilinių (karboninių, sieros ir sulfoninių) rūgščių dariniai, tiek cviterjoniniai, tiek mezojoniniai, be to, šių grupių yra sudėtingesnės struktūros (bolaforma, gemini ar polimerinės PAM). Krūvio neturinčios solvofilinės grupės gali turėti bet kokių formaliai krūvio neturinčių polinių grupių; labiausiai paplitusi yra hidroksilinė grupė. Nejoninės solvofilinės grupės yra linkusios egzistuoti sudėtingų sudėtinių struktūrų forma, analogiškai struktūroms, atrastoms oksietilinto glicerino darinių atveju.

Solvofobiškumas (hidrofobiškumas vandens atžvilgiu) dažniausiai pasireiškia linijinių arba šakotųjų angliavandenilinių grandinių atveju. Fluoro anglies grandinės taip pat yra tipiškai hidrofobinės. Daug pramonei reikšmingų PAM turi sudėtingesnes solvofobines grupes, o šios savo ruožtu – įvairias fenilines ir naftenines grupes. Solvofobinių grupių su vienu ir dviem angliavandeniliais skaičius – tai reikšmingas PAM mikrostruktūros kontrolės rodiklis, nes tokios grupės atlieka esminį vaidmenį nustatant plėvelių, kurias gali sudaryti PAM, kreivumą.

Daugumą praktinių (realių) PAM sistemose tirpiklio vaidmenų atlieka vanduo arba organinis tirpiklis, kuris yra nemišlus su vandeniu. Papildomos galimybės naudoti PAM buvo atrastos poliniams tirpikliams, pvz., gliceriniui, etilenglikoliui, formamidui ir hidrazinui. Kita reikšminga tyrimų sritis yra susijusi su PAM kūrimu skysčiams, tokiems kaip kritinis anglies dioksidas. Nustatyta, kad polistireno kopolimerinės PAM su poli(1,1)-dihidroperfluoroktilakrilatu sudaro polidispersinius mikrolašelius kritiniame anglies dioksido ir ištirpina polistireninius oligomerus panašiuose tirpaluose.

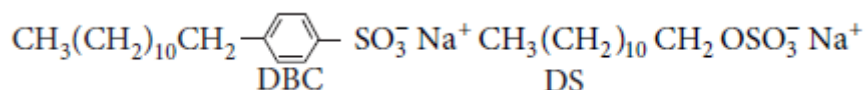
### **Krūvis**

Turinčios krūvį PAM tirpdamos, agreguodamosi į mikrolašelius tirpiklyje arba vykstant jų adsorbcijai paviršiuose suaktyvina reikšmingas elektrostatines jėgas ir jonų porų sąveiką. PAM jonų cheminis giminingumas su įvairiais priešjoniais daugiausia nulemia bendrąjį tirpumą. Todėl, palyginti su natrio druskomis, PAM ličio druskų higroskopiškumas yra daug didesnis, be to, jų tirpumas vandens tirpaluose yra geresnis. Šiuo atveju tirpumas apibrėžiamas tiesiogiai priešjonio *krūvio tankiu*. Šis giminingumas arba atitinkama jonų joninė asociacija iš esmės veikia PAM struktūrinių asociacijų, tokių kaip mikrolašeliai ir dvisluoksnės struktūros, formavimo galimybę. Be to, joninių PAM adsorbcija fazių atskyrimo paviršiuje, pvz., dvifazių emulsijų ir vandenyje disperguotų kietųjų medžiagų atveju, daugiausia nulemia Šterno sluoksnio struktūrą ir kitus dvigubo elektrinio sluoksnio

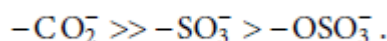
(DES) aspektus, įskaitant elektrokinetinį krūvį ir dinaminį judrį. Priešjonio krūvis ir krūvio tankis yra taip pat svarbūs rodikliai, nes daugiakrūviai priešjoniai gali iš esmės keisti efektyviasias PAM savybes.

### Anijoninės PAM

Karboninių rūgščių druskos arba muilai yra žinomiausios anijoninės PAM. Jonizuota karboksilinė grupė suteikia neigiamą krūvį. Šios medžiagos, kurios tradiciškai buvo išskiriamos iš gyvulinių riebalų muilinant, struktūros ir funkcionalumo požiūriu yra išsamiausiai ištirtos PAM. Tačiau higienos produktų gamyboje šios medžiagos dažniausiai yra keičiamos kitomis:



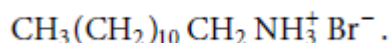
Tokioms medžiagoms priskiriamas, pvz., natrio dodecilbenzolsulfonatas (DBS), dėl savo veiksmingumo ir mažos savikainos išstūmęs muilus, naudojamus kaip plaunamosios priemonės. Alkilsulfatai (natrio dodecilsulfatas (DS)), alkileterio sulfatai, alkilsulfonatai, antriniai alkilsulfonatai, arilsulfonatai (alkilbenzolsulfonatai), sulfonatų metilo eteriai,  $\alpha$ -olefinsulfonatai bei alkilsukcinatų sulfonatai sudaro dar vieną reikšmingą anijoninių PAM klasę. Riebiosiose rūgštyse ir sulfojunginiuose yra reikšmingiausių anijoninių grupių: karboksilinė  $^-$ . Bazingumas ir faziniai duomenys leidžia išdėstyti ( $-\text{CO}_2^-$ ), sulfo- ( $-\text{SO}$ ) $_3^-$  ir sulfoninė ( $-\text{SO}$ ) $_3^-$  šias tris grupes tvarka, atitinkančia santykinį jų hidrofiliškumą:



Fosfatiniai mono- ( $-\text{P}(\text{OH})\text{O}$ ) $_2^-$  ir dianijonai ( $-\text{PO}$ ) $_3^{2-}$  – tai taip pat svarbūs hidrofiliųjų grupių atstovai. Nors fosfatiniai dianijonai yra sąlygiškai pagrindiniai ir protonizuojami neutraliose ir mažo šarmingumo terpėse, jie lieka įkrauti iki palyginti žemo pH, bet jų dydis nulemia mažą krūvio tankumą. Daug mažesnio dydžio karboksilatai pasiekia didesnę krūvio tankumą ir yra labiau hidrofiliški šios serijos atstovai, nepaisant to, kad jie protonizuojami pH 4–5 diapazone.

### Katijoninės PAM

Labiausiai paplitusios katijoninės PAM savo bazėje turi ketvirtinį azoto atomą. Pagrindiniai šios klasės atstovai yra alkilamonio halogenidai ir tetraalkilamonio halogenidai. Alkilamonio halogenidai, tokie kaip dodecilamonio bromidas (DAB), yra puikūs vandenilio donorai ir gali iš esmės sąveikauti su vandeniu:



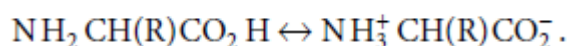
Be to, panašios amonio druskos atskelia protoną, o gauti amfifiliniai pavyzdžiai jau yra panašesni į nejonogenines PAM. Tetraalkilamonio grupė, priešingai nei dodecilamonio bromidas, negali sudaryti vandenilinių jungčių, tačiau jos elgsena primena stiprią hidrofiliinę grupę.

Piridinas su jam giminingais junginiais (chinolinu, izochinolinu, pirazinu ir jų dariniais) yra didžiulės ketvirtinių arilo darinių PAM klasės pagrindas. N-alkilpiridinio halogenidai lengvai gaunami iš alkilhalogenidų. Herbicidinei 4,4'-dipiridinių junginių pagrindo dikatijonų šeimai būdinga savybė prijungti elektronus; ši šeima yra išsamiai tiriama kaip

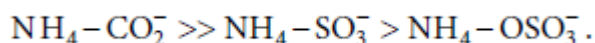
donorų ir akceptorų sistema. Fosforas irgi gali būti pakeistas keturiomis alkilinėmis grupėmis, kurios duoda alkilfosfonines PAM, nors šia galimybe naudojama daug rečiau.

### Cviterjoninės PAM

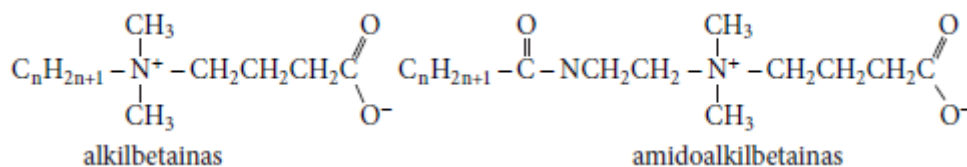
Tikrieji cviterjonai, tokie kaip  $\alpha$ -aminorūgštys, gali jonizuotis dėl tarpmolekulinės protonų pernašos:



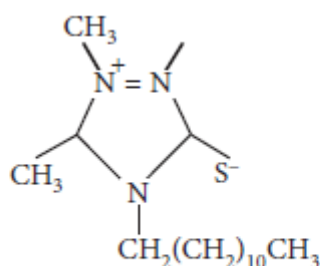
Bet kurių anijoninių ir katijoninių grupių kombinacija viengrandinėje amfifilinėje molekulėje skatina amfoterinių savybių atsiradimą ir cviterjoninių PAM susidarymą net ir tuo atveju, jei tarpmolekulinė protonų pernaša yra negalima. Pavyzdžiui, ketvirtinis azotas trialkilamonio alkanoatuose su karboksilatu yra atskirtas alkanoatine angliavandeniline grandine, kurioje ketvirtinis azoto atomas atsiranda dėl sąveikos su alkanoato  $\omega$ -anglimi. Panašių kombinacijų randama alkilsulfonatuose ir alkilsulfatuose. Išnagrinėjus duomenis, susijusius su *phase data* ir bazingumu, pastebimas cviterjonų hidrofiliškumo sumažėjimas tokioje šeimoje:



Betainai sudaro itin reikšmingą cviterjoninių PAM klasę, tarp jų yra alkilbetainų, amidoalkilbetainų ir heterociklinių betainų:



Mezojoninės molekulės ir PAM gali būti pavaizduotos tik rezonansinių struktūrų formaliai skaidant krūvį forma, nes atomai, tikrovėje turintys formalų krūvį, nėra funkcionaliai jonizuojami, panašiai kaip anijoninės rūgščių grupės, neutralizuotos vandens hidrolizės būdu. Kaip pavyzdį galima pateikti triazololiatą:

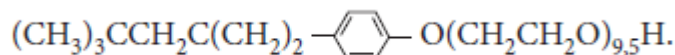


DDTT (2,3-dimetil-4-dodecil-1,2,4-triazolio-5-tiolatas)

### Nejonogeninės PAM

Daugumos nejonogeninių PAM struktūra yra analogiška anijoninių ir katijoninių PAM struktūrai, išskyrus PAM, kurių galinė polinė grupė neturi krūvio. Jei elektrostatinio krūvio nėra, sąveikaujant nejonogeninių PAM galinėms polinėms grupėms, vyrauja sterinės ir osmosinės jėgos. Labiausiai paplitusios nejonogeninių PAM galinės polinės grupės yra oligomerinės etilenoksido grandinės. Kiti būdingi nejonogeninių PAM galinių polinių grupių

atstovai yra paprastieji sacharidai, kaip kad gliukozė ir sacharozė. Išsamiausiai ištirta alkiltilenoksidinių PAM, dar vadinamų etoksilatais, klasė pristatoma bendra formule  $C_nE_m$ , čia  $n$  – alkilinio pakaito ilgis, o  $m$  – etilenoksido grandžių skaičius galinėje grupėje. Gimininga PAM klasė – alkilfenoliniai etoksilatai. Ko gero, žinomiausias šios PAM klasės atstovas yra tritonas X-100 (TX-100):

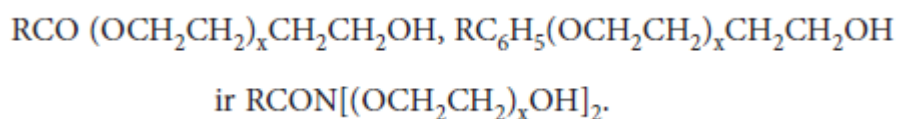


TX-100 (polietilenglikolio monooktilfenilo eteris)

Blokinių kopolimerų nejonogeninės PAM tapo viena iš reikšmingų dispergentų klasių, rinkoje žinomų kaip proksanolai ir pliuronikai. Tokie blokiniai kopolimerai dažnai žymimi *AB* (diblokai) arba *ABA* (triblokai), čia simboliu *A* žymimas hidrofilinis blokas (galva), pvz., toks kaip etilenoksidas (EO), o simboliu *B* – hidrofobinis blokas (propilenoksidas (PO) arba polistirenas (PS)). Rinkoje siūlomų kopolimerinių PAM EO/PO sudėtyje yra skirtingo grandinių ilgio homologų mišinių. PAM, kurių sudėtyje yra EO, priskiriamos hidratams, turintiems tris perteklines vandens molekules vienai EO grupei.

Spiritų amidai (etanolamidas ir dietanolamidas), alkilamidai, amino toksilatai, amino oksidai (esant neutraliam ir šarminiam pH) ir poliamidai – tai azoto pagrindo nejonogeninių PAM tipas.

Nors nejoniniai detergentai, kaip matyti iš jų pavadinimo, nėra elektrolitai, jų molekulėse, kaip ir kitų detergentų molekulėse, yra polinių ir nepolinių grupių. Nejoniniams detergentams priskiriami, pvz., tokie junginiai kaip



Jie sėkmingai konkuruoja su mažaisiais ir sintetiniais anijoniniais detergentais ir yra plačiai naudojami buityje, pavyzdžiui, langams ir automobilių stiklams plauti (detergentai, kurie džiovinant nusiplauna tik iš dalies, sudaro ploną plėvelę, kuri padeda nutekėti lašams), kaip insekticidai ir kaip detergentai, skirti automatinėms skalbyklėms.

### Polimorfizmas

PAM struktūrose polimorfizmą galima apibrėžti kaip dviejų arba daugiau laisvos energijos minimumų koegzistavimą esant kietosios būsenos fazei. Šie minimumai byloja apie dviejų arba daugiau kristališkų kietųjų fazių koegzistavimą konkrečiomis termodinaminėmis sąlygomis. Kurią iš fazių stebėsime, priklauso nuo PAM pavyzdžio cheminės ir terminės būsenos, t. y. nuo kristalizavimosi sąlygų ir tolesnio terminio apdorojimo. Pagrindinis polimorfizmas skirstomas į polimorfizmą ir politipizmą. Šios siauresnės polimorfizmo formos polimorfai skiriasi struktūriniais celės vienetais. Savo ruožtu politipizmas apibrėžiamas kaip vienplokštumis polimorfizmas. Jis pasireiškia, kai yra įvairių laminarinių sluoksnių sanglaudų, kurių visi kiti rodikliai skirtingi, variantų, esant dviem ar daugiau celės struktūrinių vienetų duotosiomis termodinaminėmis sąlygomis.

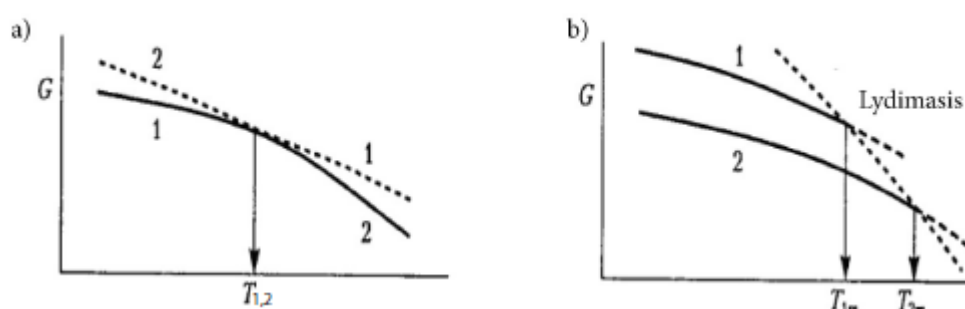
Su kuriuo polimorfu susidūrėme, priklauso nuo mėginio cheminės sudėties ir terminio apdorojimo sąlygų, kristalizacijos ir tolesnio apkaitinimo. Jei amfifilinėse molekulėse yra angliavandenilinių grandinių, išsklaidymas, susijęs su šiomis grandinėmis, yra svarbus

veiksny analizuojan duomenis, gautus rentgenostruktūrinės analizės būdu ir elektroninės difrakcijos metodu.

Paprasčiausios enantiomorfinio polimorfizmo formos kristalinės PAM **pirmam** ir **antram** polimorfui pavaizduotos 1 pav., a. Laisvoji Gibso energija kiekvienam polimorfui pavaizduota temperatūros funkcijos forma. Šios kreivės susikerta taške  $T_{1,2}$ , esant temperatūrai, atitinkančiai grįžtamąjį kristalinės būsenos virsmą. Esant šiai temperatūrai polimorfai grįžtamai pereina arba į būseną **1**, arba į būseną **2**, t. y. temperatūrai padidėjus arba sumažėjus. Jei temperatūra viršija reikšmę  $T_{1,2}$ , polimorfai **1** yra *metastabilūs* polimorfo **2** atžvilgiu. Dažnai tokie grįžtamieji virsmai **1–2** yra kinetiškai apsunkinti, esant temperatūrai  $T_{1,2}$ , ir yra *negrįžtami*, esant temperatūrai  $T > T_{1,2}$ . Jeigu dviejų polimorfų laisvųjų energijų kreivės *nesikerta* žemesnėje nei polimorfų **1** ir **2** lydimosi temperatūroje  $T_{1m}$  ir  $T_{2m}$ , tai reiškia, kad susidūrėme su monotropiniu polimorfizmu (7 pav., b). Jeigu  $T < T_{2m}$ , tuomet esant temperatūrai, viršijančiai tašką  $T_{1m}$ , polimorfai **1** lydosi ir resikristalizuoja polimorfo **2** forma.

Angliavandenilio grandinės PAM gali išsidėstyti įvairiais būdais, taip pat ir keičiantis polinkio kampams. Tokios variacijos grandinių sanglaudoje yra polimorfizmo PAM struktūrose varančioji jėga. Atsižvelgus į vadinamąsias struktūros subceles, variacijos buvo suskirstytos pagal kategorijas. Yra daugiau kaip šeši skirtingi subcelių tipai, kurių alkilinės grandinės gali atitinkamai sugulti, ir visos šios skirtingos sanglaudų formos tarpusavyje yra labai artimos laisvosios energijos požiūriu. Išsamiau tokios sanglaudos šioje knygoje nenagrinėjamos.

PAM fizikinė charakteristika yra būtina. Polimorfizmas tokios charakteristikos reikmėms gali būti naudingas, nes daugybinių lydimosi taškų, miltelių difrakcijos ir IK-spektrų palyginimas yra išsamesnis nei paprastas lydimosi temperatūrų nustatymas.



**1 pav.** Enantiotropinio (a) ir monotropinio (b) polimorfizmo iliustracija esant dviems polimorfams (1 ir 2). Santykinė laisvoji Gibso energija pavaizduota temperatūros  $T$  funkcija;  $T_{1,2}$  – temperatūra, kuriai esant pirmas ir antras polimorfai turi vienodas laisvosios energijos reikšmes;  $T_{1m}$  ir  $T_{2m}$  – pirmo ir antro polimorfų lydimosi temperatūros

Pastaraisiais metais dėl plataus detergentų naudojimo kilo didelių putų kiekių kaupimosi drėkinamuosiuose tvenkiniuose ir upėse, t. y. vandenyse, į kuriuos išleidžiami panaudoti detergentai, pavojus. Tai savo ruožtu nulėmė detergentų putodaros ir detergentų biologinio skilimo gebos kontrolės problemą. Dėl šios priežasties rekomenduojama gaminti plaunamąsias priemones, kurių putodaros geba yra nedidelė ir kurių sudėtyje yra

antiputokšlių. Paprastai muilai ir neišsišakoję sulfatai suskyla gan lengvai, o upės išsivalo savaime. Tokie detergentai yra mažiausiai pavojingi gyvūnijai. Pažymėtina, kad būtina vengti naudoti detergentus, kuriuose yra aromatinių junginių ir išsišakojusių grandinių.

Nesvarbu, kokia skystoji medžiaga ar plovimo technologija naudojama, tačiau būtina, kad valymo (plovimo) skystis, kontaktuodamas su teršalais ir užterštu paviršiumi, jį sudrėkintų. Kai ploviklis drėkina teršalus ir užterštą paviršių ( $\theta$  yra labai mažas), jo sklidimo koeficientą ( $f$ ) išreiškiame tarpfazinių paviršiaus įtempimų rodikliais:

$$f = \sigma_{S,V} - \sigma_{L,V} - \sigma_{S,L}, \quad (1)$$

čia indeksais pažymėtos fazės:  $S$  – kietasis kūnas;  $V$  – dujos (oras);  $L$  – skystis.

Kai koeficiento reikšmė bus teigiama, galima tikėtis, kad ploviklis drėkins užterštus paviršius. Todėl reikalinga, kad  $\sigma_{L,V}$  ir  $\sigma_{S,L}$  kartu ar atskirai būtų kuo mažesni dydžiai; t. y.  $\sigma_{S,V} > \sigma_{L,V} + \sigma_{S,L}$ .

Neretai teršalai pasižymi kapiliarinėmis savybėmis. Kitaip sakant, jie yra poringi, dažnai koloidiniai kūnai. Tokiu atveju skysčių sklidimą kapiliarais lemia viršslėgis ( $\Delta p$ ), kurį išreiškiame apibendrinta Laplaso lygtimi:

$$\Delta p = \frac{2 \cdot \sigma_{L,V} \cdot \cos \theta}{r}, \quad (2)$$

čia:  $\sigma_{L,V}$  – skysčio paviršiaus įtempimas,  $\theta$  – drėkinimo kampas;  $r$  – kapiliaro skersmuo.

Reikia pažymėti, kad švarinimo mechanizmo aspektu tirpikliai ir plovikliai veikia skirtingai. Tirpiklis, drėkindamas teršalus, juos ištirpina. Todėl kietos teršalų dalelės pradžioje jame disperguojamos, o vėliau nusėda. Kai naudojamas TPP, plaunamąjį poveikį galima apibūdinti kaip procesą, kurio metu teršalai yra emulguojami (skystos, netirpstančios ploviklyje dalelės). Šiuo atveju plovimo procesą iš esmės lemia PAM, kurios orientuotai adsorbuojasi ant teršalų dalelių paviršiaus, jas suskaidydamos. Tik labai didelės ir sunkios kietųjų medžiagų dalelės vėliau nusėda ploviklyje. Plovimo efektas priklauso nuo detergento (paprastai PAM) koncentracijos vandenyje, jo cheminės sudėties, ploviklio temperatūros, vandens kietumo ir kt. Maišymas plaunant skatina švarinimo intensyvumą.

Jeigu PAM tirpsta organiniame tirpiklyje ir naudosime jų mišinį, švarinimo mechanizmas bus kombinuotas. Priklausomai nuo švarinimo mechanizmo yra skiriamos trys ploviklių klasės:

1. Sintetinės plovimo priemonės (SPP), pavyzdžiui, ML – 52, KM – 1, MS – 15, Labomidas 203, Tempas – 100, Vertalinas – 74, Istra – 1 ir t. t., gerai tirpstančios vandenyje. Tai vadinamosios anijoninio ar katijoninio tipo PAM, kurių rekomenduojama koncentracija nuo 2–3 iki 25–50 kg/m<sup>3</sup> priklausomai nuo užteršimo laipsnio. Rekomenduojama darbinė ploviklio temperatūra 323–360 K.
2. Tirpinančios emulguojančios priemonės (TEP), pavyzdžiui ML – 40, Ritmas, Labomidas 315 ir kt. Tai analogiškų rūšių detergentų tirpalai chlorintuose angliavandeniliuose.
3. Tirpikliai. Tai chloro ar fluoro angliavandeniliai, pavyzdžiui, trichloretilenas, chlormetilenas, freonai.

Paviršių švarinimo procesui naudojama speciali įranga, kuri pagal ploviklio naudojimo būdą skirstoma taip:

- 1) aparatai, kai plaunama pamerkiant detales;
- 2) agregatai, kai ploviklis purškiamas čiurkšlėmis;
- 3) aparatai, kai plaunant papildomai intensyviai naudojamas ultragarsas;
- 4) agregatai, kai švarinama tirpiklių garuose.

Svarbiausias rodiklis, reikalingas plovikliui ir įrangai parinkti, yra švarinimo intensyvumas. Jį galima apskaičiuoti taip:

$$j = \Delta m^* / S \tau, \quad (3)$$

čia:  $j$  – švarinimo intensyvumas  $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ ;  $\Delta m^*$  – teršalų masė, perėjusi į ploviklį  $\text{kg}$ ;  $S$  – bandinio paviršius  $\text{m}^2$ ;  $\tau$  – plovimo trukmė  $\text{s}$ .

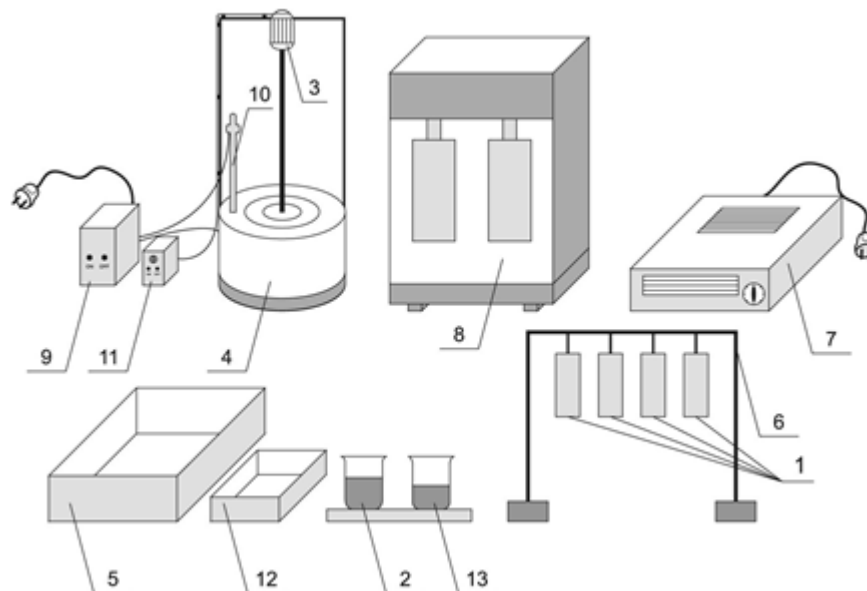
Taikydami tokį rodiklį nustatome būtiną švarinimo proceso trukmę.

### Naudojami prietaisai ir darbo principai

Įrangos, naudojamos bandymams atlikti, principinė schema parodyta 2 paveiksle. Bandiniai (1) švarinami vonioje (4) plovikliu, kuris maišomas elektrine maišykle (3).

Išplovus, bandiniai įdedami į perplovimo (skalavimo) tekančiu vandeniu vonią (5). Vėliau bandiniai sukabinami ant stovo (6) ir džiovinami elektriniu džiovintuvu (7). Bandinio masę prieš bandymus ir atlikus bandymus nustatome sverdami svarstyklėmis (8) (**2 priedas**).

Per bandymus išmatuojame ir apskaičiuojame užteršto bandinio paviršiaus plotą ir jo masę. Bandinius švariname laipsniškai, o švarumo laipsnį nustatome sverdami juos.



**8 pav.** Įrangos, naudojamos bandymams atlikti, principinė schema:

- 1 – bandiniai; 2 – indas su detergentu; 3 – maišyklė; 4 – vonia-termostatas; 5 – praplovimo vonia;  
 6 – bandinių stovas; 7 – elektrinis džiovintuvas; 8 – svarstyklės; 9 – termoreguliatorius;  
 10 – kontaktinis termometras; 11 – maišyklės apukų reguliatorius; 12 – vonelė su kietais teršalais;  
 13 – indas su skystais teršalais



## Užduotys

1. Pagilinti teorines žinias.
2. Atlikti bandymus, valant užterštus paviršius TPP, ir apdoroti eksperimento duomenis.
3. Pateikti gautų rezultatų išvadas ir pasiūlyti, kaip pagerinti plovimo efektyvumą.

## Darbo atlikimo tvarka

1. Susipažinti su laboratorinio darbo įranga, darbo ir gaisrinės saugos reikalavimais.
2. Gauti darbo užduotį, paruošti ploviklį ir jį termostatuoti vonioje (4), įjungiant termoreguliatorių (9) ir maišyklę (11).
3. Išmatuoti neužterštų bandinių paviršių bei nustatyti jų pradinę masę ir duomenis užrašyti darbo žurnale.
4. Nurodytais teršalais tolygiai padengti bandinių paviršius ir nustatyti užterštų bandinių masę.
5. Bandinius įdėti į vonią (4) ir švarinti nustatytą laiką esant nurodytai temperatūrai.
6. Po pirmo nustatymo plovimo laiko bandinius perkelti į plovimo vonią (5) ir ten išlaikyti reikiamą laiką.
7. Bandinius sukabinti ant stovo (6) ir išdžiovinti elektriniu džiovintuvu (7), paskui pasverti svarstyklėmis (8).
8. Gautus rezultatus apskaičiuoti po kiekvieno švarinimo etapo.
9. Aprašyti darbo išvadas.

## Darbo ir gaisrinės saugos reikalavimai

1. Pradinį paruošiamąjį bandinių paviršiaus švarinimą organiniu tirpikliu atlikti traukos spintoje.
2. Atsargiai elgtis su detergentu. Patekus jam ant odos, nedelsiant nuplauti vandeniu.

## Kontroliniai klausimai

1. Charakterizuokite valymo procesą.
2. Kokius žinote medžiagų švarinimo būdus ir priemones?
3. Apibūdinkite teorines švarinimo prielaidas.
4. Kaip skirstomi plovikliai pagal švarinimo mechanizmą?
5. Kaip skirstoma įranga pagal ploviklio naudojimo būdą?
6. Apibūdinkite švarinimo proceso intensyvumo rodiklį.
7. Kokia laboratorinio darbo atlikimo esmė?

## 4 laboratorinio darbo atskaita

Teršalų rūšis \_\_\_\_\_

TPP pavadinimas \_\_\_\_\_

TPP vandens tirpalo koncentracija  $\text{kg/m}^3$  \_\_\_\_\_

Švarinimo temperatūra K \_\_\_\_\_

Švarinimo etapų trukmė s \_\_\_\_\_

Kiti užduoties reikalavimai \_\_\_\_\_

**4.1 lentelė.** Eksperimentiniai duomenys ir skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodikliai, charakterizuojantys švarinimo procesą	Bandinio Nr.						
		1	2	3	-	-	-	i
1	Bandinio paviršius $S$ , m <sup>2</sup>							
2	Švaraus bandinio masė $m_1$ , g							
3	Užteršto bandinio pradinė masė $m_2$ , g							
4	Užteršto bandinio masė po pirmo švarinimo etapo $m_3$ , g							
5	Teršalų, perėjusių į ploviklį, masė $\Delta m^*$ , g							
6	Teršalų, likusių ant bandinio, masė $\Delta m$ , g							
7	Švarinimo intensyvumas $j_i$ , kg/m <sup>2</sup> s							
8	Antrojo švarinimo proceso trukmė $\tau_2$ , s							

Pastaba: vidutinę švarinimo intensyvumo reikšmę apskaičiuoti taip:

$$j_{vid.} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n j_i,$$

čia  $n$  – bandinių skaičius.

Antrojo švarinimo proceso reikšmę apskaičiuojame taip:

$$\tau_2 = K_p \cdot \frac{\Delta m}{j_{vid.} \cdot S},$$

čia:  $K_p$  – patikimumo koeficientas, lygus 1,5;  $\Delta m$  – teršalų, likusių ant bandinio, masė, g.

1. Eksperimentinių ir apskaičiuotų duomenų rezultatai.
2. Išvados ir pasiūlymai