

ԱՐԱՐԱՏՅԱՆ ԴԱՇՏԱՎԱՅՐԻ ԿԵՆՏՐՈՆԱԿԱՆ ՄԱՍԻ ՍՏՈՐԻՆ ԶՈՐՐՈՐԴԱԿԱՆ ԼՃԱՅԻՆ ԿԱՎԱՅԻՆ ԱՊԱՐԵՐԻ ԻՆՃԵՆԵՐԱ-ԵՐԿՐԱՐԱՆԱԿԱՆ ԱՌԱՆՋՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Երկրաբ. միենե. դիտ. քվեաձու ԳԻՄԵՏՐԻ ՍԱՐԳՍՅԱՆ*

Ռե Ֆ ե Ր ա տ: Հետազոտված են Արարատյան դաշտավայրի լճային կավերի ինժեներա-երկրաբանական հատկությունները լիթոգենեզի ուսմունքի և դիսպերս սիստեմների ֆիզիկա-քի-միական մեխանիկայի տեսանկյունից՝ պարզարանելու համար լիթոգենեզի պրոցեսում ապարի կազմի, վիճակի և հատկությունների փոփոխման օրինաչափությունները:

Տրված է լճային կավերի նյութական կազմի և ֆիզիկական հատկությունների նկարագրու-թյունը և կավերի ամրության բնույթի ու զեֆորմացիոն առանձնահատկությունների բնութագրերը: Դա հնարավորություն է տալիս հաստատելու ստրուկտուր-մեխանիկական և ռելոգիական հատկությունների կախվածությունը ապարի կազմից և վիճակից:

Արարատյան դաշտավայրի լճային կավերի ֆիզիկա-մեխանիկական հատ-կությունների ուսումնասիրությունը կատարվել է կոմպլեքս, հաշվի առնելով նրանց կազմի, վիճակի և ստրուկտուրային կապերի բնույթի ազդեցությունը՝ լիթոգենեզի ուսմունքի և դիսպերս սիստեմների ֆիզիկա-քիմիական մեխանի-կայի տեսանկյունից: Նման մոտեցումը թույլ է տալիս պարզարանելու լիթոգե-նեզի պրոցեսում ապարների կազմի, վիճակի և հատկությունների փոփոխման օրինաչափությունները:

Անցյալում Արարատյան դաշտավայրում սիստեմատիկ ինժեներա-երկ-րաբանական հետազոտություններ չեն անցկացվել, այդ իսկ պատճառով մեր կատարած աշխատանքը որոշ չափով լրացնում է այդ բացը:

Երկրաբանական տեսակետից Արարատյան դաշտավայրի ստորին շորրոր-դական կավային ապարները լավ լուսարանված են մի շարք հեղինակների աշ-խատանքներում (Абих, 1899; Асланиян, 1958; Габриелян, 1959; Оганезов, 1962**):

Լճային կավերի լիթոլոգիական առանձնահատկությունները և քիմիո-մի-ներալոգիական կազմը ուսումնասիրված են դաշտային պալմաններում և լա-բորատորիայում՝ քիմիական, թերմոլ, էլեկտրոնումանրագիտակային և սենտ-զենոստրուկտուրային անալիզների միջոցով:

* ՀՍՍՀ ԳԱ երկրաբանական ինստիտուտի գեոմեխանիկայի բաժնի ավագ դիտական աշ-խատու:

** Գրականությունը տե՛ս էջ 114—115:

ՔԻՄԻՈ-ՊԵՏՐՈԳՐԱՖԻԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Կավերի դիտարկված նմուշներն աչքի են ընկնում մանրադիտակային հանութազրի նմանությամբ: Մանրադիտակի տակ կավն ունի պելիտային, երբեմն քիմիապես արևմտյան ստրուկտուրա, տեքստուրան մեղմ կողմնորոշված (նկ. 1*) կամ անկանոն է (նկ. 2): Նշված նմուշների (նմուշներ 4834 և 4839) նման դրսևորվող թույլ կողմնորոշվածությունը, ըստ երևույթին, բացատրվում է փայլարային միներալների թեփուկների ներկայությամբ:

Հանքի կավերի կազմում իշխում է նուրբդիսպերս-կավային մատերիալը, հիմնականաբար, հիդրափայլարամոնոմորֆիտային կազմի և կան ոչ մեծ քանակի մասնիկներ փոշի վիճակում: Ապարում հանդիպում է թթու կազմի, առարկերը աստիճանի քայքայված և ոչ-հավասարաչափ բաշխված մատերիալ:

Կալցիտը ներկայացված է միկրոֆաունայի մնացորդների ձևով: Կավային միներալները և կալցիտը, որոնք զբաղեցնում են ալերիտային մատերիալի հատիկների միջև եղած տարածությունը, ապարը ցեմենտացնում են: Հանդիպում են դիատոմային ջրիմուռների բեկորներ (նկ. 2), իսկ 4883 նմուշը լրիվ կազմված է միկրոօրգանիզմների մնացորդներից (նկ. 3): Ըստ 133 հորատանցքի տվյալների, ընդհանուր առմամբ, խորությամբ կարբոնատների պարունակությունը նվազում է:

Համախառն քիմիական անալիզի միջոցով ուսումնասիրված է ապարի կավային ֆրակցիան (1 մկ-ից փոքր): Արդյունքները բերված են 1-ին աղյուսակում*: Հետազոտված կավերում SiO_2 կազմում է 52,85—60,69%, իսկ Al_2O_3 ՝ 12,43—18,50%: Fe_2O_3 պարունակությունը զգալի է (4,30—8,89%): TiO_2 և MnO կազմում են տոկոսի չնչին մասը: Նմուշներից շատերում FeO պարունակությունը 1%-ից ավելի է: Բոլոր նմուշներում MgO (2,36—4,58%) ավելի է, քան CaO (0,93—3,14%): Ալկալիների պարունակությունը բավականին բարձր է, ընդ որում K_2O (1,02—2,10%) ավելի է, քան Na_2O (0,60—2,20%):

Ամորֆ ու նորմալ SiO_2 և մեկուկեսանոց օքսիդների պարունակությունը որոշված է KOH -ի 5% լուծույթի մզվածքի միջոցով Կ. Կ. Գեդրոյցի մեթոդով (աղյուսակ 2): Ամորֆ SiO_2 -ի զգալի պարունակությունը (նմուշներից շատերում 1,66%-ից ավելի, իսկ մյուսներում՝ 10,11—16,27%) պայմանավորված է լավային ապարների ձևավորման առանձնահատկություններով (ակտիվ հրաբխային գործունեության պայմաններում):

Թեմիկ հետազոտությունները կատարվել են $\text{TY}-1$ և $\text{YTA}-1$ թերմիկ սարքերի վրա: Ստացված կորերը խմբավորված են երկու խմբում (նկ. 4): Առաջին խմբի մեջ են մտնում 4829, 4830, 4832, 4835, 4837, 4839 և 4840 նմուշների կորերը, իսկ երկրորդի մեջ՝ 4828, 4831, 4833, 4836 և 4838 նմուշների կորերը:

Ստացված դիֆերենցիալ կորերի վրա պարզ դրսևորվում են չորս էնդոթերմիկ և մեկ էկզոթերմիկ էֆեկտներ:

Նշված երկու խմբերի տարբերությունը հիմնականում կայանում է նրանում, որ առաջին էնդոթերմիկ ռեակցիան առաջին խմբի մոտ ավելի ինտենսիվ է արտահայտված, քան երկրորդ խմբի մոտ:

* Նկարները տե՛ս էջ 116—119,

** 1—12 աղյուսակները տե՛ս էջ 95—111:

Հստ թեքմիկ անալիզի արդյունքների լճային կավերն իրենցից ներկայացնում են մոնոմորֆիլոնիտի և հիդրոփալարների խառնուրդ:

Էլեկտրոնամանրադիտակային հետազոտություններ: Կիրառվել է սուսպենզիոն մեթոդը: Սկզբնական մեծացումը 5000 անգամ է, իսկ լուսանկարահանելուց հետո՝ 10000:

Հետազոտությունների արդյունքները բերված են էլեկտրոնամանրադիտակային նկարների ձևով (նկ. 5—6): Նկարների վրա լավ դիտվում է կավային ֆրակցիայի ագրեգատային վիճակը: Ագրեգատները կազմված են մոնոմորֆիլոնիտի խմբի միներալների մուգ և կիսաթափանց իզոմետրիկ թերթիկներից: Բոլոր նմուշներում հայտնաբերված են բարձրագույնագույն մասնիկներ (հավաքաբար երկաթի հիդրոօքսիդներ), գիսպես կվարց և հիդրոփալարներ՝ կիսաթափանց իզոմետրիկ մասնիկների ձևով:

Ռենտգենոստրուկտուրային հետազոտություններ: Ռենտգենոգրամաները ստանալու համար օգտագործվել է դիֆրակտոմետր NPC—50:

Բոլոր ուսումնասիրված նմուշները տվել են շատ նման դիֆրակտոգրամներ: Հստ զրանցված դիֆրակտոգրամների նմուշները կազմված են մոնոմորֆիլոնիտից (արտացոլումը 001 մոտ $15^\circ \text{\AA}$): Նման եզրակացությունը հաստատում է նաև 4839 նմուշի շիկացումը մինչև 600° (արտացոլումը $15^\circ \text{\AA}$ տեղափոխվում է $10^\circ \text{\AA}$): Բացի մոնոմորֆիլոնիտից հետազոտված նմուշները ոչ մեծ քանակով պարունակում են հիդրոփալար, կվարց, կաոլինիտի խառնուրդ:

Այսպիսով, լճային կավերին հատուկ է հիդրոփալարամոնոմորֆիլոնիտային կազմ, ընդ որում տիրապետում է մոնոմորֆիլոնիտը, որը և պայմանավորում է կավերի ֆիզիկական և բիոխիմիական հատկությունները:

Կլանող ընդունակություն և փոխանակային կատիոնների կազմը: Կլանման տարողության և փոխանակային կատիոնների մեծությունները բերված են աղյուսակ 3-ում: Ուսումնասիրված նմուշների կլանման տարողության մեծությունները բավականին մոտ են ($26,12—46,02$ մգ-էկվ, միայն 4832 նմուշի մոտ— $58,41$ մգ-էկվ), որը բացատրվում է կավերի միներալոգիական և զրանուլոմետրիկ կազմերի համեմատական համասեռությամբ: Կլանման տարողության ստացված մեծությունները համապատասխանում են լճային կավերի հիդրոփալարամոնոմորֆիլոնիտային կազմին:

Ուսումնասիրված կավերում երկվալենտ կատիոնները (կլանման տարողության 94%-ից ավելին) զգալիորեն ավելի են Na^+ ($1,8—8,2\%$) պարունակությունից, որով և պայմանավորված է կավերի կոլոիդալ-գիսպեսիոն մասի ագրեգատային վիճակը:

Կավերում Ca^{2+} պարունակությունը կազմում է կլանման տարողության $47,8—66,4\%$, իսկ Mg^{2+} $31,3—45,2\%$: Միայն 4832 նմուշում Mg^{2+} ($69,2\%$) գերակշռում է Ca^{2+} ($29,0\%$) նկատմամբ:

Ս. Ս. Մորոզովի ուսումնասիրությունները ցույց են տվել (Морозов, 1949), որ ծագումով և միներալոգիական կազմով նման ապարների մոտ համանման ֆրակցիաների կլանման տարողության մեծությունը համարյա նույնն է: Լենինականի դաշտավայրի լճային կավերի համար ստացված տվյալների (Саркисян, 1963, 1966) համեմատումը Արարատյան դաշտավայրի կավերի հետազոտման արդյունքների հետ հաստատում է այդ եզրակացությունը:

Ջրալուծելի աղերի և օրգանական նյութի կազմը և պարունակությունը:
Կալիումային ապարների ինժեներա-երկրաբանական հատկությունների վրա մեծ
գրադեցություն են դործում ջրալուծելի աղերի կազմը և վիճակը:

Հետադոսոված կավերում հեշտ լուծվող աղերի պարունակությունը և կազմը
հաղորդվել են ջրային մղվածքի, միջին լուծվող աղերինը՝ աղա-թթվային մղված-
քի, իսկ դժվար լուծվող աղերինը՝ կալցիմետրիկ անալիզի միջոցով: Ջրային
խրմղվածքի արդյունքները բերված են 4-րդ աղյուսակում: Ջրալուծելի աղերի
կապարունակությունը 0,16—0,34% է: Ջրային մղվածքի կատիոնների կազմում
են Na^+ կտրակ գերիշխում է (1,27—3,56 մգ-էկվ) Ca^{+2} և Mg^{2+} նկատմամբ:

Բոլոր նմուշներում փոփոխակի գերակշռում են Cl^- (0,66—2,60 մգ-էկվ)
և SO_4^{2-} (0,50—2,50 մգ-էկվ): HCO_3^- իոնի պարունակությունը համարյա
ոչ ոչ նմուշներում քիչ է Cl^- և SO_4^{2-} պարունակությունից:

Կավերում տիրապետում են Na -ի աղերը (NaCl , Na_2SO_4), իսկ մյուս
քարաղերից առկա են CaSO_4 և $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$:

Դիսոսի բանակն ըստ աղաթթվային մղվածքի տվյալների (աղյուսակ 5)
նշելին է՝ տոկոսի հարյուրավոր, հազվադեպ տասնորդական մասը: Ըստ Կալ-
ցիդիմետրիկ որոշումների (աղյուսակ 5) կարբոնատի պարունակությունը 1,96—
2,09, 37% է: Օրգանական նյութի գումար պարունակությունը կազմում է 0,25—
0,22, 24% (աղյուսակ 5):

ԴՐԱՆՈՒՈՄԵՏՐԻԿ ԵՎ ՄԻԿՐՈԱԴՐԵԴԱՏԱՅԻՆ ԿԱԶՄԸ

Դրանուլումետրիկ և միկրոագրեգատային անալիզները կատարվել են պի-
պետկայի մեթոդով (Качинский, 1943): Արդյունքները բերված են 6-րդ աղ-
յուսակում և պատկերված են բաշխման կորերի ձևով (նկ. 7):

Համաձայն զրանուլումետրիկ կազմի, լճային կավերի ուսումնասիրված
նմուշների մեծամասնությունը հանդիսանում են բարձրագիսպերս ապարներ
(կավային մասնիկների պարունակությունը 60% -ից ավելի է): Դրանուլումետ-
րիկ և միկրոագրեգատային անալիզների արդյունքների համեմատումը ցույց է
տալիս, որ դիսպերգատորի ավելացումը բոլոր դեպքերում բարձրացնում է կա-
վային ֆրակցիայի ելքը: Կոպիտ և նուրբ կավային մասնիկների պարունակու-
թյունը համարյա հավասար է: Միայն ուսումնասիրված կտրվածքի վերին շեր-
տերից վերցրած նմուշներում (4828—4832) փոշային ֆրակցիան (47,19—
65,54%) տիրապետող է կավային ֆրակցիայի նկատմամբ, որը, ըստ երևույ-
թին, կապված է կլանված կալցիումի դերի մեծացման, երկաթի միացություն-
ների և օրգանական նյութի օքսիդացման հետ:

Միկրոագրեգատային անալիզի դեպքում կավային ֆրակցիայի տոկոսա-
յին պարունակության նվազեցմանը համապատասխան ավելանում է փոշային
և մասամբ ավազային մասնիկների պարունակությունը:

1—5 մկ-ից փոքր մասնիկների պարունակության (ըստ զրանուլումետրիկ
և միկրոագրեգատային անալիզների տվյալների) հարաբերությունը (ագրեգա-
տացման գործակիցը) թույլ է տալիս պարզելու կավերի ստրուկտուրային կա-
պերի բնույթը (Горькова, 1965):

Ուսումնասիրված լճային կավերը բնորոշվում են պլաստիֆիցա-կոագու-
լացիային ստրուկտուրային կապերով (ագրեգատացման գործակիցը 5 մկ-ից
փոքր մասնիկների համար 1,3—1,8 է, իսկ 1 մկ-ից փոքրների համար՝ 1,3—

ԿԱՎՈՐԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՎԻՃԱԿԸ ԵՎ ՖԻԶԻԿԱ-ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ուսումնասիրված կապերի ֆիզիկական վիճակի և հատկությունների բերված ցուցանիշները թույլ են տալիս 133 հորանասանցքի կտրվածքով առանձնացնել երկու գոտի. մինչև 53,0 մ նշված ցուցանիշները փոփոխական են, իսկ ափելի խորը նրանք համարյա մնում են անփոփոխ:

Ուռչում և քրչում: Կավերի ուռչումն ու թրչումն ուսումնասիրվել են բնա-
վան խոնավությամբ և անխախտ ստրուկտուրայով նմուշների վրա (Чапов-
и Жаровских, 1958): Արդյունքները բերված են աղյուսակ 8-ում: Լճային կավերի ուռչ-
ման մեծությունը չափազանց փոքր է (կազմում է տոկոսի տասնյակ, երբեմն
չափաքանակությամբ մասը), որովհետև, չնայած կավերի հիդրոփայլարամոնոմորֆի-
զմի տեսակին կազմի, կարրոնատների, ամորֆ կալծքարաճողի և օրգանական նյու-
թի պարունակության հետեանքով ապարներում առաջանում են կոագուլացիոն-
մոլորոգենացիոն ստրուկտուրային կապեր:

Ուսումնասիրված կավերն աչքի են ընկնում նաև թույլ ուռչմամբ (աղ-
յուսակ 8):

Կավերի սեղմելիությունը: Լճային կավերի սեղմելիությունն ու ֆիլտրա-
ցիայի դործակիցը որոշված են բնական խոնավությամբ և անխախտ ստրուկ-
տուրայով նմուշների վրա Գ. Ի. Տեր-Ստեփանյանի կոնստրուկցիայի կոմ-
պլեքսներում (Тер-Степанян, 1956):

Ստացված տվյալները գրաֆիկորեն պատկերված են 9-րդ նկարում:

Ըստ α սեղմելիության դործակցի նշանակության ($1-2$ կգ/սմ² լարումների
միջակայքում) ուսումնասիրված կավերը պատկանում են միջին սեղմելի ա-
պարների խմբին (նրանց մոտ α $0,01$ սմ²/կգ կարգի է): Նմուշների մեծ մասի
մոտ սեղմումը սկսվում է $0,25$ կգ/սմ² լարումից սկսած, որը բացատրվում է
ուսումնասիրված կավերի ագրեգատային կազմում կոպիտ դիսպերս մասնիկ-
ների զգալի պարունակությամբ (տե՛ս աղյուսակ 6):

Կոմպրեսիայի և դեկոմպրեսիայի տվյալների համեմատումը ($P =$
 $0,25$ կգ/սմ² լարման դեպքում) վկայում է այն մասին, որ բեռնաթափման ժա-
մանակ կոմպրեսիոն սեղմման դեֆորմացիայի $91,75$ տոկոսից ավելին վերա-
ադարձվում է:

Ֆիլտրացիայի դործակիցը որոշվել է կոմպրեսիոն փորձի ընթացքում
լուծվող բեռնավորման տակ կայունացնելուց հետո (մինչև 4 կգ/սմ²), ինչպես
նաև բեռնաթափումից հետո (սկսած 4 -ից մինչև $0,25$ կգ/սմ²): Ֆիլտրացիայի
դործակցի հաշվումը կատարվել է Գ. Ի. Տեր-Ստեփանյանի նոմոգրամով
(Т) (Тер-Степанян, 1960) և միջին հաշվով $10^{-7}-10^{-8}$ սմ/վրկ է (աղյուսակ 9),
այսինքն ըստ ֆիլտրացիայի դործակցի մեծության ուսումնասիրված կավերը
դիսպրոպիտիկորեն հանդիսանում են ջրակայուն ապարներ:

Նոսոանցք սեղմում: Սահքի դիմադրությունն որոշվել է եռաանցք սեղմ-
ման միջոցով: Օգտագործվել են 38 մմ տրամագծի և 75 մմ բարձրության նմուշ-
ներ:

Սահքի դիմադրությունն ուսումնասիրված է 4833 և 4834 նմուշների հա-
մար, որոնք համապատասխանաբար վերցված են $45,5$ և $48,0$ մ խորություն-
ներից:

Կատարվել են ջրահաղեցած ապարների կոնսոլիդացիոն-չցամաքեցված
դործակիցի ուսումնասիրություններ:

Նոսոանցք սեղմման արդյունքները բերված են 10 -րդ աղյուսակում:
Որոշված են սահքի դիմադրության ցուցանիշները (կցումը և ներքին ջրի-
ման անկյունը) և ծակոտակենային ճնշումը:

10 -րդ նկարում պատկերված են լրիվ և էֆեկտիվ լարումներով արտա-
հայտված Մորի շրջանակները:

Ուսումնասիրված նմուշների կցման մեծությունը բավականին մեծ է ($c=0,85-1,00$ կգ/սմ²), $c'=0,90-1,05$ կգ/սմ², ներքին շփման անկյունը $\varphi' > \varphi$ ($\varphi=13^{\circ}40'-16^{\circ}42'$, $\varphi'=14^{\circ}58'-17^{\circ}32'$):

ԿԱՎԵՐԻ ՍՏՐՈԿՏՈՒՐՈ-ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ԵՎ ՌԵՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Կավերի ամրության և ղեֆորմացիայի բնույթը բացատրելու, ապարների կազմից ու վիճակից նրանց հատկությունների կախվածության աստիճանը պարզելու համար կարևոր նշանակություն ունի ստրուկտուրո-մեխանիկական և ռեոլոգիական հատկությունների ուսումնասիրությունը:

Կավերի ստրուկտուրո-մեխանիկական հատկություններն ուսումնասիրվել են Մասլովի սահքի գործիքի վրա ղեֆորմացիայի աճի կինեմատիկայի որոշման մեթոդով: Հետազոտվել են բնական ստրուկտուրայով և խոնավությամբ նմուշներ՝ սահքի հաստատուն լարումների տարբեր արժեքների ղեպքում՝ սկսած հոսքի P_{k-1} սահմանից մինչև ամրության P_m սահմանը: Ստացված կորերով հաշված են բոլոր այն մեծությունները, որոնք բնութագրում են լճային կավերի ստրուկտուրո-մեխանիկական հատկությունները: Ստացված արդյունքները բերված են աղյուսակ 11-ում և 11—12-րդ նկարներում:

Համաձայն ստրուկտուրո-մեխանիկական հետազոտությունների համարյա բոլոր նմուշներում ղեֆորմացիան սկսվում է $(2,4-6,1) \cdot 10^3$ դին/սմ² սահքի գործող լարումների ղեպքում (միայն 4836 նմուշի մոտ $4,9 \cdot 10^3$ դին/սմ²), իսկ ստրուկտուրայի խախտումը կատարվում է $(1,0-7,1) \cdot 10^4$ դին/սմ² լարումներից բարձր լարումների ղեպքում: P_m/P_{k-1} հարաբերությունը $4,4-20$ է, ընդ որում ըստ խորության (հորատանցք 133, նմուշներ 4828—4836) դիտվում է հարաբերության մեծության աճ, այսինքն բեռնաթափումից հետո տեղի է ունենում ստրուկտուրայի տիկսոտրոպ վերականգնում:

Կավերի առաձգականության մոդուլի նշանակությունները բավականին մոտ են և միջին հաշվով 10^5-10^6 դին/սմ² է: Գործող լարումների արժեքի մեծացմանը զուգընթաց դիտվում է ղեֆորմացիայի պայմանա-ակնթարթային E_1 մոդուլի և հավասարակշիռ E մոդուլի արժեքների անկում ղեֆորմացիայի պրոցեսի ընթացքում ստրուկտուրային կապերի քայքայման հետևանքով: 133 հորատանցքից վերցրած նմուշների էլաստիկության մեծությունների համեմատումը խոսում է ըստ խորության ապարների էլաստիկ հատկությունների հարաբերական նվազման մասին: Ակնթարթային բեռնաթափման ժամանակ չի դիտվում ղեֆորմացիայի լրիվ անկում, որը թույլ է տալիս հաշվելու առաձգականության մոդուլը ըստ բեռնաթափման և մածուցիկությունը:

Բեռնաթափման ժամանակ դիտվում է ղեֆորմացիայի պայմանա-ակնթարթային E_1 մոդուլի աճ, բեռնավորման ժամանակ հաշված նույն մոդուլի համեմատ, որը վկայում է կավերի խտացման և սիներետիկ ամրացման մասին սահքի և ղեֆորմացիայի մարման դոտում՝ մշտապես գործող լարման երկարատև ազդման ղեպքում: Նման էֆեկտ դիտել են նաև Գորկովան և Ռյարիչևան (Горькова и Рябичева, 1959), Անոսովան (Аносова, 1966) և Սարգսյանը (Саркисян, 1966): Դա բացատրվում է սահքի հարթությունում կավային մասնիկների խտացմամբ և կողմնորոշմամբ կավերի ստրուկտուրայի խախտման ժամանակ (Попов, 1944; Райтбурд, 1956 и др.):

Ինչպես լավ երևում է պայմանա-ակնթարթային (ε_0) և ամենամեծ (ε_m) առաձգականությունների սահմանի գործող լարումներից, կախվածության գրաֆիկներին հետազոտված կավերին, շնայած դեֆորմացիայի մոդուլների բարձր փոփոխականության, հատուկ են թույլ առաձգական հատկություններ: Նման հանդիմանումները, հավանաբար, բացատրվում է ապարներում օրգանական նյութի միջնորդությամբ, որը ապարին հաղորդում է կոնդենսացիոն ստրուկտուրային ապակայների հատկանիշներ:

Հետազոտված բնական ստրուկտուրայով նմուշներն ունեն բավականին բարձր մածուցիկություն և ընդունակ են սողքի առանց ստրուկտուրայի զգալի փոփոխության՝ հոսքի բնթացքում ստրուկտուրայի ամրապնդման հետևանքով: Լճային կավերի ռելաբսացիայի պերիոդը միջին հաշվով 10^4 — 10^5 վրկ է:

Այսպիսով, Մասլովի սահմանի գործիքի օգնությամբ ստրուկտուրո-մեխանիկական հատկությունների որոշման մեթոդը թույլ է տալիս բնութագրելու լճային կավերի բնական ստրուկտուրաների դեֆորմացիոն վարքը:

Թեոլոգիական հատկություններ: Լճային կավերի ռեոլոգիական հատկություններն ուսումնասիրվել են Վոլարովիչի ռոտացիոն վիսկոզիմետրի օգնությամբ քսուկների վրա պլաստիկության վերին սահմանի դեպքում, որը թույլ է տալիս ստանալու ռեոլոգիական լրիվ կորը ($N=f(p)$) և էֆեկտիվ մածուցիկության սահմանի գործող լարումից կախվածության կորերը ($\eta=f(p)$):

Վիսկոզիմետրը հնարավորություն է տալիս հետազոտելու քսուկի դեֆորմացիայի արագության փոփոխությունը լարումների ողջ ինտերվալում՝ սկսած հոսքի պայմանական ստատիկ P_{k-1} սահմանից մինչև ամրության P_m սահմանը:

Թեոլոգիական հատկությունների ստացված բնութագրումները ներկայացված են աղյուսակ 12-ում և 13-րդ նկարում: Դեֆորմացիաները դիտվում են 10^3 — 10^4 դին/սմ² սահմանի գործող լարումների դեպքում, իսկ ստրուկտուրայի փոփոխությունը կատարվում է $P_m = (2,2-7,4) \cdot 10^4$ դին/սմ² լարումից բարձր լարումների դեպքում: Բևոնաթափման ժամանակ հետազոտված նմուշներից շատերի մոտ դիտվում է ստրուկտուրային ցանցի վերականգնման հիստերեզիս:

Հետազոտված ապարներն ընդունակ են հանկարծակի ջրիկացման լարումների բավականին նեղ ինտերվալում հոսքի դինամիկ P_{k-2} սահմանից վեր $P_m/P_{k-2} = 1,1-1,6$, միայն 4830 նմուշի մոտ 2,7 է): Այդ ապարներն ամրության սահմանից վեր հոսում են նվազագույն հաստատուն մածուցիկությամբ $\eta_m = 79-229$ պուազ: Ստրուկտուրայի սահմանային քայքայման դեպքում մածուցիկությունն ընկնում է երկու-երեք կարգով:

Շվեդովյան մածուցիկությունը $\eta_0^* = 5,7 \cdot 10^3-5,7 \cdot 10^4$ պուազ: Այդ ինտերվալում քսուկը հոսում է պրակտիկորեն չքայքայված ստրուկտուրայով: Քիմիական մածուցիկությունը $\eta_m^* = (1,1-9,3) \cdot 10^3$ պուազ և բնութագրում է բարձր լարումների բնագավառը:

Այսպիսով, համաձայն ռեոլոգիական հետազոտությունների արդյունքի, լճային կավերն ըստ ռեոլոգիական կորերի բնույթի դասվում են պլաստիկ-մածուցիկ սխեմաների խմբին:

ԵԶՐԱՓԱԿՈՒՄ

Արարայան զաշտավայրի լճային կավային ապարների հետազոտումով հաստատված է նրանց կազմի համասեռությունը՝ հիդրոփալարամոնոմորֆիոնությամբ: Կավերում մոնոմորֆիոնիտի և ամորֆ կալքարաճողի առաջացումը նպաստել է ակտիվ հրաբխային գործունեությունը, որի նստվածքը հարստացրել է հրաբխային նյութերով:

Ըստ գրանուլոմետրիկ կազմի՝ հետազոտված կավերը, որոնք ցանկանալով են կարրոնատներով, ամորֆ կալքարաճողով և մասամբ օրգանական նյութով, հանդիսանում են բարձրադիսպերս ապարներ, իսկ ստրուկտուրային կապերն ունեն պլաստիֆիցա-կոագուլացիոն բնույթ:

Լճային կավերը լիթոլոգիական համասեռության հետ միասին ըստ խորությունների աչքի են ընկնում ֆիզիկական վիճակի փոփոխությամբ:

Համաձայն կոմպրեսիոն ուսումնասիրությունների, լճային կավերը միջին աստիճանի սեղմելի են, իսկ ըստ ֆիլտրացիայի գործակցի մեծությունների նրանք պրակտիկորեն չբալայուն ապարներ են:

Ըստ ստրուկտուր-մեխանիկական ռեոլոգիական ուսումնասիրությունների արդյունքների, հետազոտված կավերն իրենց վիճակով միջանկյալ են, թույլ և միջին աստիճանի խտացման ու լիթիֆիկացիայի ապարների միջև (Горьков, 1966):

Այս ապարներին հատուկ է ստրուկտուրային ցանցի վերականգնման հիստերեզիս:

Համաձայն կոմպրեսիոն և ստրուկտուր-մեխանիկական ուսումնասիրությունների լճային կավերին հատուկ է ստրուկտուրային ամրություն:

Բնական և խախտված ստրուկտուրաների ղեֆորմացիոն վարքը զգալիորեն տարբեր է (աղյուսակ 13):

Աղյուսակ 13

Կավերի բնական և խախտված ստրուկտուրաների հատկությունների համեմատումը

Ստրուկտուրա	W, %	P _{k-1}	P _m	τ ₅₀ պուազ
		ηին/սմ ²		
Բնական	40,6—64,0	4,9·10 ² —7,3·10 ³	1,0·10 ⁴ —7,3·10 ³	5,4·10 ⁹ —1,8·10 ¹¹
Խախտված	56,4—76,3	1,1·10 ³ —1,2·10 ⁴	2,2·10 ⁴ —7,4·10 ⁴	3,5·10 ² —6,7·10 ⁴

Բնական ստրուկտուրաները փոքր լարումների դեպքում հանդիսանալով էլաստո-պլաստո-մածուցիկային մարմիններ, հետագայում՝ հնացմանը և խտացմանը զուգընթաց, անցնում են պլաստո-մածուցիկային խումբը:

Խախտված ստրուկտուրաների դեպքում լճային կավերն իրենց ռեոլոգիական վարքով վերադարձնում են պլաստո-մածուցիկային մարմիններին:

Անցկացրած հետազոտությունները մեկ անգամ ևս ցույց տվեցին կավային ապարների կոմպլեքսային բանախական բնութագրման անհրաժեշտությունը:

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НИЖНЕЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОЗЕРНЫХ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Канд. геол.-минер. наук Д. Б. САРКИСЯН*

Реферат. Исследованы инженерно-геологические свойства нижнечетвертичных озерных глинистых пород Араратской котловины с позиций учения о литогенезе и физико-химической механике дисперсных систем, с целью установления закономерностей изменения состава, состояния и свойств пород в процессе литогенеза.

Дано описание вещественного состава и физических свойств озерных глин и характеристика природы прочности и деформационных особенностей глин, с установлением зависимости их структурно-механических и реологических свойств от состава и состояния.

Исследование физико-механических свойств озерных глин Араратской котловины проводилось комплексно, с учетом влияния их состава, состояния и характера структурных связей с позиций учения о литогенезе и физико-химической механике дисперсных систем, что позволяет установить закономерности изменения состава, состояния и свойств пород в процессе литогенеза.

Ранее в районе Араратской котловины не проводилось систематических инженерно-геологических исследований, поэтому проведенная нами работа до некоторой степени восполняет пробел в этой области.

В геологическом отношении нижнечетвертичные глинистые породы Араратской котловины хорошо изучены и описаны в работах ряда авторов (Абих, 1899; Асланян, 1958; Габриелян, 1959; Оганезов, 1962** и др.).

Литологические особенности и химико-минералогический состав нижнечетвертичных озерных глин Араратской котловины изучены в полевых условиях путем осмотра керна буровых скважин и в лабораторных условиях путем просмотра шлифов, ориентированных перпендикулярно слоистости, в поляризационном микроскопе при увеличении в 70 и 150 раз и посредством химического, термического, электронно-микроскопического и рентгеноструктурного анализов.

ХИМИКО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Микроскопическое изучение шлифов озерных глин показало сходство микроскопической характеристики просмотренных образцов. Для наиболее характерных участков шлифов сделаны микрофотографии. Под микроскопом структура глин лентопелитовая, иногда алевролитовая; текстура слабоориентированная (рис. 1***), беспорядочная (рис. 2).

* Старший научный сотрудник отдела геомеханики Института геологических наук АН АрмССР.

** Литературу см. на стр. 114—115.

*** Рисунки см. на стр. 116—119.

Некоторая ориентированность в породе у указанных образцов (обр. 4834 и 4839), вероятно, связана с наличием чешуек слюдистых минералов.

В составе озерных глин преобладает тонкодисперсный глинистый материал, по-видимому, гидрослюдисто-монтмориллонитового состава с небольшим количеством пылеватых частиц. Ориентировка чешуек глинистых материалов различная.

Терригенный алевроитовый материал представлен полевыми шпатами, тонкодисперсным кварцем, кальцитом, акцессорными и рудными минералами, более или менее равномерно распределенными по всей массе. В породе присутствует в разной степени разложившийся и неравномерно распределенный материал кислого состава. Кальцит представлен в виде остатков микрофауны. Тонкозернистые глинистые минералы и кальцит, заполняя промежутки между зернами терригенного алевроитового материала, цементируют породу. Встречаются обломки диатомовых водорослей (рис. 2). Без анализатора в основной массе видно довольно большое количество мелких и удлинённых фрагментов углистого вещества.

Существенно отличается от описанных образец 4833 (рис. 3); он сплошь состоит из остатков микроорганизмов.

Сопоставление образцов из скв. 133 (обр. 4828—4836) показало уменьшение содержания карбонатов с глубиной. Результаты валового химического анализа глинистой фракции породы (меньше 1 мк) приведены в табл. 1. В исследованных глинах содержание SiO_2 очень высокое (52,85—60,69%), Al_2O_3 —12,43—18,50%. Содержание Fe_2O_3 значительное (4,30—8,89%). TiO_2 присутствует в долях процента, MnO —в сотых долях процента. Содержание FeO в большинстве случаев больше 1%.

Во всех образцах содержание MgO (2,36—4,58%) выше, чем CaO (0,93—3,14%). Содержание щелочей в исследованных глинах довольно высокое, причем K_2O (1,02—2,10%) преобладает над Na_2O (0,60—2,20%). Это указывает на малую выщелоченность глин и наличие гидрослюды (иллита) в глинистом веществе породы. Потери при прокаливании составляют от 5,19 до 8,35%.

Для более полного представления о химическом составе исследованных глин в табл. 1 приведено также процентное содержание элементов.

Содержание аморфной или свободной SiO_2 , а также содержание SiO_2 и суммы полуторных окислов определялось по методу К. К. Гедройца посредством вытяжки 5%-ным раствором КОН. Результаты определения приведены в табл. 2. Значительное содержание аморфного кремнезема (в большинстве образцов более 1,66%, а в других—10,11—16,27%) обусловлено особыми условиями формирования озерных глин (в обстановке активной вулканической деятельности), чем и объясняется наличие диатомитов.

Термические исследования проводились на термических установках ТУ-1 и УТА-1. Кривые нагревания глин сведены в две группы (рис. 4)

и в первую группу входят кривые нагревания образцов 4829, 4830, 4831, 4832, 4835, 4837, 4839 и 4840, во вторую—4828, 4831, 4833, 4834, 4836 и 4838.

На дифференциальных кривых нагревания образцов первой группы фиксируются четыре эндотермических и два экзотермических эффекта.

Աղյուսակ Таблица 1

Լավերի բնիկների հիմնական անալիզի արդյունքները (ֆրակցիա < 1 μ)

Результаты валового химического анализа глин (фракция < 1 μ)

Օճերի համարը № образцов	Օքսիդների (համարիչում) և էլեմենտների (հայտարարում) պարունակությունը Содержание окислов (числитель) и элементов (знаменатель), %										H ₂ O	П. п. н.	Փոխարկ (օքսիդների) Сумма (окислов)	SiO ₂ / R ₂ O ₃
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O				
	Si	Ti	Al	Fe	Fe	Mn	Ca	Mg	Na	K				
4828	59,35	0,62	13,32	5,89	1,10	0,08	2,85	4,44	1,20	1,30	4,80	5,31	100,26	3,1
	27,77	0,37	7,05	4,12	0,75	0,06	2,04	2,67	0,89	1,08				
	60,69	0,62	14,88	4,30	1,46	0,05	3,14	3,17	2,20	2,10				
4829	28,40	0,37	7,87	3,01	0,99	0,04	2,24	1,90	1,63	1,74	2,61	5,19	100,41	3,1
	57,45	0,62	15,37	5,90	1,09	0,04	2,29	3,47	1,30	1,70				
4830	26,89	0,37	8,13	4,12	0,74	0,03	1,64	2,08	0,96	1,41	4,06	6,60	99,89	2,7
	54,30	0,62	13,69	8,89	1,24	0,04	1,64	3,31	0,90	2,04				
4831	25,41	0,37	7,24	6,21	0,84	0,03	1,17	1,98	0,67	1,69	5,90	8,03	100,60	2,4
	53,22	0,62	14,13	8,50	1,24	0,04	1,28	4,17	0,60	1,60				
4832	24,91	0,37	7,47	5,94	0,84	0,03	0,91	2,50	0,44	1,33	6,85	8,12	100,37	2,3
	54,21	0,61	13,71	9,27	1,24	0,04	0,93	3,73	0,60	1,17				
4833	25,37	0,36	7,25	6,48	0,84	0,03	0,66	2,24	0,44	0,97	7,36	7,92	100,79	2,4
	54,16	0,59	16,02	6,92	1,24	0,04	0,93	3,77	0,60	1,17				
4834	25,37	0,36	7,25	4,48	0,84	0,03	0,66	2,24	0,44	0,97	6,37	8,35	100,16	2,4
	58,38	0,54	15,18	6,87	0,21	0,10	1,71	2,36	1,02	1,30				
4835	27,32	0,32	8,03	4,80	0,14	0,08	1,22	1,41	0,76	1,08	5,87	7,29	100,83	2,5
	60,51	0,47	13,15	6,55	0,51	0,13	2,28	2,94	1,02	1,30				
4836	28,32	0,28	6,96	4,58	0,35	0,10	1,63	1,76	0,76	1,08	5,13	6,56	100,55	3,1
	52,85	0,47	14,15	7,47	1,09	0,04	1,14	4,58	0,47	1,17				
4837	24,73	0,28	7,48	5,22	0,74	0,03	0,81	2,75	0,35	0,97	3,10	7,76	99,29	2,4
	60,69	0,41	12,43	4,75	2,12	0,04	1,64	3,33	0,80	1,02				
4838	23,40	0,25	6,57	3,32	1,45	0,03	1,17	2,00	0,59	0,85	4,95	3,10	100,28	3,5
	54,30	0,55	18,50	4,62	0,81	0,03	1,28	3,78	0,90	2,00				
4839	25,41	0,33	9,79	3,23	0,55	0,02	0,91	2,27	0,67	1,66	7,11	7,01	100,89	2,4
	56,13	0,56	15,06	6,29	1,09	0,04	1,92	3,52	1,30	1,90				
4840	26,27	0,34	7,97	4,40	0,74	0,03	1,37	2,11	0,96	1,58	4,96	6,41	99,18	2,6

На термограммах указанных образцов первая эндотермическая реакция, возникающая в связи с удалением адсорбированной и межпакетной воды, сравнительно с другими выражена весьма интенсивно и протекает в интервале 100—200° с максимумом около 130—150°C.

Реакция при выделении воды типа «ОН» решетки протекает значительно менее интенсивно, располагается в пределах 490—570°C и связана с разрушением кристаллической решетки глинистых минералов.

Окончательное разрушение решетки минералов происходит при максимумах 860—900°, что связано с кристаллизацией аморфных продуктов разложения монтмориллонита.

На некоторых термограммах второй эндотермический пик раздвоен, что свидетельствует о наличии примеси гидрослюда.

Первый экзотермический эффект с максимумом 350—400°C связан с окислением органического вещества. Наличие такого эффекта указывает на присутствие аморфных гидроокисей железа и алюминия. Высокотемпературный экзотермический эффект выражен очень слабо и имеет максимум 950—980°C.

Աղյուսակ Таблица 2

Հիմնական փոփոխություններ
Результаты анализа щелочной вытяжки

Նմուշների № № образцов	Նմուշառման глубина отбора образцов, м	Նմուշառման փոքր Место отбора образцов	Բաղադրիչների կազմը %-ով 100 գ բա- ցարձակ չոր կոմպոնի համար Состав компонента в % на 100 г абс. сухой навески		
			SiO ₂	R ₂ O ₃	SiO ₂
4828	31,5	Скв. 133	2,33	0,16	2,01
4829	32,5	" "	2,07	0,23	1,74
4830	36,5	" "	2,64	0,24	2,36
4831	40,5	" "	2,77	0,20	2,53
4832	42,5	" "	2,23	0,19	2,01
4833	45,5	" "	1,87	0,18	1,66
4834	48,0	" "	1,90	0,13	1,75
4835	53,0	" "	16,45	0,15	16,27
5836	87,0	" "	10,33	0,19	10,11
4837	67,5	Совхоз "Арапат"	2,21	0,24	1,93
4838	80,0	" "	13,18	0,21	12,87
4839	28,0	Скв. 121а	3,60	0,16	3,41
4840	30,0	" "	3,12	0,24	2,84

По данным термического анализа, образцы первой группы представляют собой смесь гидрослюда и монтмориллонита, причем породообразующим минералом является монтмориллонит.

Вторая группа образцов отличается тем, что первая эндотермическая реакция выражена менее интенсивно, чем у первой группы. Это свидетельствует о присутствии в этих образцах значительного количества гидрослюда. Однако и здесь, по-видимому, в составе глинистого вещества преобладает монтмориллонит.

Для более детальной и точной диагностики глинистых минералов необходимы электронномикроскопические и рентгеноструктурные исследования.

Электронномикроскопические исследования проводились в лаборатории электронной микроскопии геологического факультета МГУ, за что автор приносит благодарность доц. Г. Г. Ильинской.

Первичное увеличение давалось в 5000 раз, в конечном, после фотографирования,—в 10000. Применялся метод суспензий.

Результаты исследований в электронном микроскопе приведены в виде электронномикроскопических снимков (рис. 5—6).

Исследованные глины под микроскопом очень сходны. На полученных снимках видно, что тонкая глинистая фракция озерных глин находится в агрегированном состоянии. Фиксированные агрегаты состоят, в основном, из темных и полупрозрачных хлопьевидно изометричных таблетинок с расплывчатыми туманными очертаниями граней минералов группы монтмориллонита.

При электронномикроскопическом исследовании во всех образцах обнаружено большое количество аморфных высокодисперсных частиц (вероятно, гидроокислов железа) и дисперсного кварца, а также присутствие гидрослюдов в виде полупрозрачных изометричных частиц с незаметными очертаниями.

На рис. 6 хорошо видны обломки диатомовых водорослей, адсорбированных на поверхности глинистой частицы.

Рентгеноструктурные исследования. Для получения рентгенограммы исследовались ориентированные агрегаты, полученные осаждением из водных суспензий на стеклянные пластинки. От ориентированных агрегатов регистрировались базальные отражения типа ООС на дифрактометре УРС-50.

Автор благодарит Ю. С. Дьяконова, проводившего эти исследования Рентгеноструктурной лаборатории ВСЕГЕИ.

Все исследованные образцы дали очень сходные дифрактограммы. По зарегистрированным дифрактограммам можно сделать вывод, что все исследованные образцы состоят из монтмориллонита (отражение 101 около $15 \text{ \AA}$). Результаты прокаливании образца 4839 до 600° подтверждают этот вывод (отражение при $15 \text{ \AA}$ сместилось до $10 \text{ \AA}$ после прокаливании образца). Кроме монтмориллонита, в исследованных образцах в небольшом количестве содержатся гидрослюда, кварц, перимесь каолинита.

Таким образом, для исследованных глин характерен гидрослюдисто-монтмориллонитовый состав с преобладанием монтмориллонита, обуславливающего, в основном, физические и химические свойства глин.

Обменная способность и состав обменных катионов.

Результаты определений приведены в табл. 3. Величины емкости поглощения исследованных образцов довольно близки ($26,12—36,02 \text{ мг-экв}$ на 100 г породы, только у образца 4832— $58,41 \text{ мг-экв}$), что объясняется сравнительной однородностью минералогического и гранулометрического их состава. Полученные величины емкости поглощения соответствуют гидрослюдисто-монтмориллонитовому составу озерных глин.

Содержание двухвалентных катионов (больше 94% емкости поглощения) значительно больше содержания Na^+ ($1,8—8,2\%$), что обуславливает агрегированное состояние коллоидно-дисперсной части глин. По той же причине в глинах относительно слабо выражены набухаемость,

липкость, пластичность, связанность и гидрофильные свойства. Содержание Ca^{2+} составляет 47,8—64,6% емкости поглощения, а Mg^{2+} — 31,3—45,2%. Только у образца 4832 Mg^{2+} (69,2%) преобладает над Ca^{2+} (29,0%).

Աղյուսակ Таблица 3

Կալիերի կլանման արագությունը և փոխանակային կատիոնների կազմը

Емкость поглощения и состав обменных катионов глин

Նմուշների № № образцов	Կլանման արագությունը Емкость поглощения, мг-экв на 100 г породы	Փոխանակային կատիոնների կազմը Состав обменных катионов		
		Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
4828	30,73	1,83	17,56	11,34
		5,9	57,2	36,9
4830	27,12	0,82	13,84	12,46
		3,0	51,2	45,8
4831	30,39	1,49	15,14	13,76
		4,8	50,0	45,2
4832	58,41	1,08	16,97	40,36
		1,8	29,0	69,2
4833	57,94	2,18	21,25	14,51
		5,6	56,4	38,0
4834	39,89	1,69	23,32	14,88
		4,2	58,5	37,3
4835	43,57	3,58	20,83	19,16
		8,2	47,8	44,0
4836	46,02	2,71	25,64	17,67
		5,9	55,7	38,4
4837	30,70	1,42	19,60	9,68
		4,6	63,8	31,6
4839	38,88	2,29	21,52	15,07
		5,9	55,4	38,7
4846	33,99	1,58	20,69	11,72
		4,6	60,9	34,5
4847	29,72	1,24	19,18	9,30
		4,1	64,6	31,3

Ստորագրություն. Համարիչում՝ մգ-էկվ/100 գ,

հաշվարկում՝ տոկոսն ընդհանուր արագությանը:

Примечание. В числителе—мг-экв на 100 г породы,

в знаменателе—процент от общей емкости.

Исследования С. С. Морозова (1949) показали, что величина емкости поглощения одних и тех же фракций у пород, близких по своему генезису и минералогическому составу, примерно одинакова; сопоставление данных, полученных ранее для озерных глин Ленинкаанской котловины (Саркисян, 1963, 1966), с результатами исследований глин Араратской котловины подтверждает эти выводы.

Состав и содержание водорастворимых солей и органического вещества. На инженерно-геологические свойства глинистых пород большое влияние оказывают состав и состояние водорастворимых солей.

В исследованных глинах содержание и состав легкорастворимых солей определялись с помощью водной вытяжки, среднерастворимых—с помощью соляно-кислой вытяжки, а труднорастворимых солей—с помощью калциметрического анализа.

Водная вытяжка готовилась при соотношении порода : вода = 1 : 10. Результаты анализов водных вытяжек приведены в табл. 4. Содержание воднорастворимых солей составляет 0,16—0,34%. Реакция водных вытяжек исследованных образцов слабощелочная (pH=7,5—

Աղյուսակ 4 Таблица 4

Կալիերի չափի Գալվանի (1-10) արդյունքներ

Результаты анализа водной вытяжки (1:10) глин

Գործարարի № образцов	pH	Բաղադրիչների կազմը Состав компонентов						Զրախի քաշված- րի քննարկումը հիմնարկողացիան Общая минерализация водной вытяжки, мг/100 г
		Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	
4828	7,5	68,79	—	4,88	52,68	96,99	7,84	231,18
		2,82	—	0,23	1,40	1,50	0,15	
4829	7,6	75,60	—	4,74	84,87	62,83	5,29	233,33
		3,19	—	0,23	2,32	1,00	0,10	
4830	7,6	57,37	—	9,48	36,56	94,24	19,06	216,71
		2,42	—	0,46	1,00	1,50	0,38	
4831	7,5	85,99	—	14,49	82,00	96,13	27,65	306,26
		3,56	—	0,69	2,20	1,50	0,55	
4832	7,6	69,72	—	24,15	89,46	64,05	32,39	279,77
		2,89	—	1,15	2,40	1,00	0,64	
4833	7,5	85,06	—	19,69	60,78	163,17	15,33	344,03
		3,46	—	0,92	1,60	2,50	0,28	
4834	7,5	77,68	3,00	19,74	68,37	97,90	51,94	318,63
		3,16	0,23	0,92	1,80	1,50	1,01	
4835	7,6	59,83	—	9,94	61,34	65,88	14,60	210,99
		2,41	—	0,46	1,60	1,00	0,27	
4836	7,6	39,64	—	9,99	34,02	65,88	9,10	158,63
		1,60	—	0,46	0,89	1,00	0,17	
4837	7,6	65,51	1,48	9,75	52,68	97,04	18,32	244,78
		2,69	0,11	0,46	1,40	1,50	0,36	
4838	7,6	30,66	5,88	24,15	24,62	64,05	61,66	211,02
		1,27	0,46	1,15	0,66	1,00	1,22	
4839	7,5	77,28	—	24,15	96,91	64,05	38,01	300,40
		3,20	—	1,15	2,60	1,00	0,65	
4840	7,6	67,09	5,93	19,37	82,00	32,02	73,65	280,06
		2,78	0,46	0,92	2,20	0,50	1,46	

Մանրացրել են. համարիչում՝ բացարձակ չոր աղարի համար մգ/100 գ,
հաշվարարում՝ մգ-կիլո

Примечание. В числителе—мг на 100 г абсолютно сухой породы,
в знаменателе—мг-экв.

7.6). В составе катионов водных вытяжек всех образцов ион натрия резко преобладает (1,27—3,56 мг-экв) над Ca^{2+} и Mg^{2+} , достигая максимального значения в водной вытяжке обр. 4831. Содержание Mg^{2+} (0,11—0,46 мг-экв) установлено только у образцов 4834, 4837, 4838, 4840.

Во всех образцах попеременно преобладают ионы Cl^- (0,66—2,60 мг-экв) и SO_4^{2-} (0,50—2,50 мг-экв). Содержание HCO_3^- почти во всех образцах меньше содержания Cl^- и SO_4^{2-} .

В глинах преобладают соли натрия (NaCl , Na_2SO_4). Из других солей присутствуют CaSO_4 и $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Соли магния установлены в небольшом количестве. Результаты солянокислой вытяжки приведены в табл. 5. Количество гипса вычислялось с учетом содержания сульфат-иона водной вытяжки. Во всех образцах содержание гипса незначительно—сотые, реже десятые доли процента. По кальциметрическим определениям (табл. 5) содержание карбонатов колеблется от 1,96 до 9,37%. Суммарное содержание органических веществ определялось по методу И. В. Тюрина (1937) и составляет 0,25—2,24% (табл. 5).

Աղյուսակ 5 Таблица 5

Կալիերի աղաբլային Գալվաճի, կարբոնատայնության և օրգանական նյութերի
արդյունքները

Результаты анализа солянокислой вытяжки, карбонатности и содержания
органического вещества в глинах

Նմուշների № № образцов	Բացարձակ չոր կշռվածքի պարունակությունը Содержание в % на абс. сухую навеску						
	SO ₄			CaSO ₄ ·2H ₂ O	CO ₂	CaCO ₃	օրգանական նյութեր органического вещества
	աղաբլային բացվածքի СОДЯНО-КИСЛОЙ ВЫТЯЖКИ	չորված բացվածքի ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ	գիպսի ГИПСА				
4828	0.01400	0.00015	0.01385	0.0196	3.13	7.14	0.25
4829	0.02600	0.00010	0.02590	0.0367	2.44	5.56	1.06
4830	0.02600	0.00038	0.02562	0.0363	3.20	7.29	1.39
4831	0.03300	0.00055	0.03245	0.0460	1.69	3.85	1.15
4832	0.03900	0.00064	0.03836	0.0543	3.13	7.14	1.06
3833	0.05800	0.00088	0.05712	0.0809	1.70	3.87	1.18
4834	0.06600	0.00101	0.06499	0.0921	2.80	6.38	1.09
4835	0.03000	0.00027	0.02973	0.0421	1.32	3.01	0.38
4836	0.01600	0.00017	0.01583	0.0224	0.93	2.12	0.36
4837	0.03600	0.00036	0.03564	0.0505	4.11	9.37	0.82
4838	0.10700	0.00122	0.10578	0.1499	3.24	7.39	2.18
4839	0.04600	0.00075	0.04525	0.0641	1.31	2.97	1.30
4840	0.07400	0.00146	0.07254	0.1028	0.86	1.96	2.24

Гранулометрический и микроагрегатный состав. Гранулометрический и микроагрегатный анализы были выполнены методом пипетки (М) (Качинский, 1943).

Результаты изучения гранулометрического и микроагрегатного анализов приведены в табл. 6 и изображены на кривых распределений (рис. 7).

Աղյուսակ Таблица 6

Լավերի միկրոագրեգատային և գրանուլոմետրիկ կազմեր

Микроагрегатный и гранулометрический составы глин

Պատկեր №	Նմանություն №	Սпособ подготовки к анализу	Ֆրակցիաների պարունակությունը % Содержание фракций, %						Ագրեգացման կոэффициент агрегированности для частиц			
			Մասնիկների չափը մմ Размер частиц, мм									
			>0,1	0,1— 0,05	0,05— 0,01	0,01— 0,005	0,005— 0,001	100 0,001				

Միկրոագրեգատային անալիզ
Микроагрегатный анализ

Պատկեր 4828	Երկամյա թափահարում	1,16	15,30	63,75	10,00	7,31	2,48	—	—
Պատկեր 4829	Թորած ջրի մեջ	1,03	27,68	56,06	7,48	1,91	5,84	—	—
Պատկեր 4830		1,08	9,07	53,60	18,19	14,16	3,90	—	—
Պատկեր 4831	Двухчасовое взбалтывание в дистиллированной воде	0,73	14,17	61,85	3,58	15,61	4,06	—	—
Պատկեր 4832		0,86	14,79	36,60	18,16	25,18	4,41	—	—
Պատկեր 4833		1,12	18,14	13,64	11,21	48,61	7,28	—	—
Պատկեր 4834		1,05	17,10	15,82	22,77	21,18	22,08	—	—
Պատկեր 4835		1,73	9,40	24,76	2,71	48,69	12,71	—	—
Պատկեր 4836		1,46	10,12	31,59	17,29	26,52	13,02	—	—
Պատկեր 4837		0,91	4,08	33,30	21,98	30,66	9,07	—	—
Պատկեր 4738		0,88	10,08	41,01	18,69	26,48	2,86	—	—
Պատկեր 4839		0,92	10,56	31,21	14,24	29,60	13,47	—	—
Պատկեր 4846		1,14	13,67	19,50	17,42	38,95	9,32	—	—
Պատկեր 4847		0,99	11,70	31,25	20,31	25,12	10,63	—	—

Գրանուլոմետրիկ անալիզ
Гранулометрический анализ

Պատկեր 4828	Տրորում—растирание 6 мл $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	0,15	17,66	49,13	5,30	14,61	13,15	2,8	5,3
Պատկեր 4829	То же	0,23	21,60	56,14	7,86	6,72	7,45	1,8	1,3
Պատկեր 4830	"	0,33	7,29	54,36	10,89	14,67	12,46	1,5	3,2
Պատկեր 4831	"	0,11	3,00	46,97	18,57	19,93	11,42	1,6	2,8
Պատկեր 4832	"	0,08	6,93	30,11	17,08	28,83	16,97	1,5	3,8
Պատկեր 4833	"	0,41	4,27	7,81	9,82	33,30	44,39	1,4	6,1
Պատկեր 4834	"	0,23	1,38	9,67	6,47	32,46	49,79	1,9	2,2
Պատկեր 4835	"	0,75	2,02	4,74	12,90	26,42	53,17	1,3	4,2
Պատկեր 4836	Տրորում—растирание 8 мл $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	0,34	1,58	21,39	9,04	35,60	32,05	1,7	2,5
Պատկեր 4837	То же	0,34	2,41	25,80	18,83	30,59	22,03	1,3	2,3
Պատկեր 4838	"	0,05	1,56	7,56	20,21	31,85	38,77	2,4	1,4
Պատկեր 4839	Տրորում—растирание 6 мл $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	0,10	2,90	21,06	12,66	32,03	31,25	1,5	2,4
Պատկեր 4846	То же	0,13	2,35	11,89	18,28	33,38	33,97	1,4	3,7
Պատկեր 4857	"	0,24	3,11	22,19	19,89	25,37	29,20	1,5	2,7

Большинство исследованных образцов озерных глин по гранулометрическому составу являются высокодисперсными породами с содержанием глинистых частиц (меньше 0,005 мм) более 60%.

Сравнение результатов гранулометрического и микроагрегатного анализов показывает, что добавка диспергатора во всех случаях повышает выход глинистой фракции. Содержание грубых и тонких глинистых частиц почти одинаковое. Только в образцах, взятых из верхних толщ (обр. 4828—4832, скв. 133) исследованного разреза, пылевато-фракция доминирует над глинистой. В этих образцах пылеватая фракция составляет 47,19—65,54%, с преобладанием крупнопылеватых частиц. Среди песчаных частиц преобладают тонкопесчаные частицы, среди песчаных частиц диаметром больше 0,1 мм составляют десятки доли процента.

При микроагрегатном анализе соответственно уменьшению процентного содержания глинистой фракции увеличивается содержание пылеватых и частично песчаных частиц. Пылеватые фракции сложены в основном крупнопылевыми частицами, причем содержание пылеватых фракций в несколько раз выше, чем песчаных.

Отношение содержания частиц меньше 1 и 5 мк по данным гранулометрического и микроагрегатного анализов (коэффициент агрегированности) позволяет установить характер преобладающих структурных связей в глинах (Горькова, 1965).

Исследованные озерные глины характеризуются пластифицированной-коагуляционными структурными связями (коэффициент агрегированности для частиц меньше 5 мк—1,3—1,8, а для частиц меньше 1 мк—1,3—6,1). Вследствие цементации пород под действием карбонатов органического вещества, аморфного кремнезема и гипса, указанные структуры частично приобретают свойства конденсационных структурных связей. Этим, вероятно, и надо объяснить некоторые расхождения величин коэффициента агрегированности озерных глин от установленных И. М. Горьковой для пластифицированно-коагуляционных структур.

ФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛИН

Для выяснения природы деформационных и прочностных особенностей и механизма структурообразования глинистых пород большое значение имеет выявление характера изменений состояния физико-механических свойств.

Характерные влажесодержание, консистенция и пластичность. Для исследованных озерных глин были определены: 1) естественная влажность; 2) гигроскопическая влажность; 3) пределы пластичности; 4) объемный вес породы γ и удельный вес γ_s ; остальные показатели физических свойств были установлены расчетным путем. Результаты представлены в табл. 7, а по разрезу скв. 133 по этим данным составле-

Կավերի ֆիզիկական վիճակի բնութագիրը
Характеристика физического состояния глин

Աղյուսակ Таблица 7

Նմուշներ № образцов	Ցանկարի կշիռ Удельный вес γ_s	Ծավալային կշիռ Объемный вес		Ցանկարի թիվ Пористость, %, n	Քիմիական Принесенная пористость	Ցանկարի թիվ Влажность, %		Ցանկարի թիվ Коэффициент водонасыщенности, S_r	Ցանկարի թիվ Пределы пластичности, %		Ցանկարի թիվ Число пластичности, I_p	Ցանկարի թիվ Приведенная влажность, w/w_L	Ցանկարի թիվ Показатель консистенции, B	Ցանկարի թիվ Коэффициент уплотненности, K_d	Ցանկարի թիվ Степень сжатия слоя, % K_c	Ցանկարի թիվ Содержание частиц < 0,005 мм M_c	Ցանկարի թիվ Показатель пластичности, K_p	Ցանկարի թիվ Показатель гидрофильности, K_h
		ապարի породы γ	կմարի скелета γ_d			բնական естественная w	գիգրոսկոպիկ гигроскопическая w_g		վերին верхний w_L	ներքին нижний w_P								
4828	2,46	1,63	1,05	57,36	1,342	55,1	4,51	1,00	58,6	33,4	25,2	0,94	0,86	0,19	4,5	27,75	0,91	2,13
4829	2,54	1,77	1,28	49,61	0,984	38,1	2,32	0,98	53,1	28,2	24,9	0,72	0,40	0,58	16,4	14,17	1,75	3,72
4830	2,49	1,60	1,00	59,68	1,491	59,1	2,68	0,99	63,7	36,2	27,5	0,93	0,83	0,10	3,9	27,13	1,01	2,34
4831	2,45	1,43	0,88	64,09	1,784	62,6	2,42	0,86	75,0	36,1	38,9	0,83	0,68	0,06	2,6	31,35	1,24	2,40
4832	2,49	1,64	1,07	57,03	1,328	53,1	2,39	0,99	59,9	34,4	25,5	0,90	0,73	0,27	6,8	45,80	0,56	1,29
4833	2,45	1,56	0,96	62,27	1,553	62,0	2,66	0,98	72,6	39,5	33,1	0,85	0,68	0,28	8,3	77,69	0,43	0,93
4834	2,45	1,51	0,92	62,50	1,531	61,5	7,21	0,98	83,0	40,5	42,5	0,74	0,49	0,48	16,5	72,25	0,52	1,01
4835	2,41	1,38	0,83	65,64	1,900	65,0	7,95	0,82	100,0	45,6	54,4	0,65	0,36	0,39	15,2	79,59	0,68	1,25
4836	2,37	1,36	0,80	66,33	1,962	65,4	4,71	0,79	102,0	50,5	51,5	0,65	0,29	0,38	13,4	67,65	0,76	1,51
4837	2,45	1,64	1,11	51,43	1,207	46,6	2,88	0,95	60,2	29,8	30,4	0,78	0,55	0,36	10,5	52,62	0,58	1,14
4838	2,38	1,39	0,95	57,57	1,443	46,9	3,14	0,77	70,0	40,5	29,5	0,59	0,22	0,66	15,3	70,62	0,39	1,12
4839	2,44	1,56	0,97	60,53	1,516	59,5	5,87	0,97	75,0	39,2	35,8	0,80	0,57	0,35	13,3	63,28	0,41	1,19
4846	2,43	1,61	0,97	60,09	1,506	58,0	3,71	0,94	74,5	41,2	33,3	0,78	0,50	0,36	10,4	67,35	0,49	1,10
4847	2,47	1,42	0,87	64,78	1,839	56,7	3,46	0,77	76,0	46,0	30,0	0,75	0,36	0,04	1,4	54,57	0,55	1,41

сводный график изменения состояния исследованных глин с глубиной (рис. 8).

Естественная влажность глин составляет 38,1—65,0%. Величина гигроскопической влажности колеблется от 2,32 до 7,95%.

По данным лабораторных исследований (табл. 7), озерные глины обладают высокими показателями пластичности—число пластичности $Ip = 24,9—54,4\%$, верхний предел пластичности $w_L = 53,1—102,0\%$, что вполне соответствует высокой дисперсности этих глин, их гидрослюдистому монтмориллонитовому составу с довольно значительным содержанием органического вещества.

Показатель консистенции B изменяется от 0,22 до 0,86, в основном больше 0,50, а относительная влажность w/w_L —от 0,59 до 0,94. Исследованные глины являются породами с высокой степенью водонасыщенности (у всех образцов коэффициент водонасыщенности $K_w > 0,8$).

Определение значения удельного веса γ_s выполнялось в пикнометрах с водой и составляло 2,37—2,54 г/см³. Подобный небольшой удельный вес установлен автором также у озерных глин Ленинканской котловины (Саркисян, 1966) и, вероятно, связан с наличием в исследованных глинах большого количества монтмориллонитовых минералов (уд. вес 2—2,4 г/см³) и аморфного кремнезема.

Величины объемного веса исследованных глин изменяются от 1,36 до 1,77 г/см³. Почти для всех исследованных образцов величина пористости больше 50% (табл. 7), за исключением обр. 4829 ($n = 49,61\%$).

По величине K_d озерные глины находятся в потенциально пластичном состоянии, среднеуплотнены (ближе к породам слабой степени уплотненности) и при нарушении структуры породы в них могут проявляться пластические деформации. Степень сжатия слоя K_c в процентах (Приклонский, 1947) составляет 1,4—16,5%.

Приведенные показатели физического состояния и физические свойства озерных глин (рис. 10) позволяют по разрезу скв. 133 выделить две зоны: до глубины 53,0 м (обр. 4835) указанные показатели физико-механических свойств отличаются изменчивостью, а глубже они почти не изменяются.

Набухание и размокание. Изучение набухания и размокания исследованных глин выполнялось на образцах естественной влажности и ненарушенной структуры. Набухание определялось в приборе А. М. Васильева; результаты опытов приведены в табл. 8. Величина набухания глин невелика и составляет десятки, реже сотые доли процента. Удельное набухание (величина набухания при увеличении влажности на 1%) составляет 0,01—0,07%, только у образца 4829 оно достигает 0,11%.

В связи с содержанием карбонатов, аморфного кремнезема и органического вещества в породах образуются коагуляционно-кристаллизационные связи, поэтому, несмотря на гидрослюдисто-монтмориллонитовый состав, набухание глин незначительное—не превышает 0,72%.

Размокание определялось в приборе ПР конструкции Д. И. Знаменского—В. И. Хаустова (Чаповский, 1958). Результаты наблюдений за скоростью размокания говорят о слабой размокаемости озерных глин (табл. 8).

Աղյուսակ Ե Таблица 6

Կափերի ուռչումը և բրչումը ջրի մեջ

Набухание и размокание глин в воде

Նմուշի № образца	Սկզբնական և վերջնական նստյալային վնասվածություն, %	Նստյալային ճնշումը, %	Նստյալային վնասվածություն և վերջնական նստյալային վնասվածություն, %	Նստյալային նստյալային նստյալային նստյալային, %	Նստյալային նստյալային նստյալային նստյալային, %	Նստյալային նստյալային նստյալային նստյալային, %
4828	55,1	0,08	57,1	2,0	0,04	—
4829	38,1	0,72	44,8	6,7	0,11	—
4830	59,1	0,10	61,4	2,3	0,01	—
4831	62,6	0,10	63,6	1,3	0,01	—
4832	53,1	0,12	54,8	1,7	0,01	—
4833	62,0	0,31	68,0	6,0	0,05	—
4834	61,5	0,04	62,1	0,6	0,07	—
4835	65,0	0,08	68,4	3,4	0,02	—
4836	65,4	0,10	69,3	3,9	0,03	—
4837	46,6	0,10	49,2	2,6	0,04	—
4838	46,9	0,09	50,5	3,6	0,03	—
4839	59,5	0,24	66,2	6,7	0,04	—

Նմուշային թվերը. — նմուշը թրջվում է շատ թույլ (հեղուկի առաջացում, առանձին կտորների անջատում):

— նմուշը թրջվում է թույլ (անջատվում են կտորներ, բայց նմուշը հիմնականում մնում է զործրի ցանցի վրա):

Примечание. — образец размокает очень слабо (образование трещин, выделение одиночных кусочков);

— образец размокает слабо (выделяются куски, но в основном образец остается на сетке прибора).

Сжимаемость глин. Сжимаемость и коэффициент фильтрации озерных глин определены на образцах с ненарушенной структурой и естественной влажностью в комфилметре конструкции Г. И. Тер-Степаняна (1956).

Полученные данные графически изображены на рис. 9.

По величине коэффициента сжимаемости a в интервале нагрузок от 1 до 2 кг/см^2 исследованные глины относятся к среднесжимаемым породам: величина a у них порядка 0,01 $\text{см}^2/\text{кг}$. У большинства образцов обжатие начинается при нагрузке 0,25 кг/см^2 , что объясняется наличием значительного количества грубодисперсных частиц в агрегатном составе исследованных глин (см. табл. 6).

Согласно значениям упругих и остаточных деформаций (при $P=0,25 \text{ кг/см}^2$), при разгрузке от 4 до 0,25 кг/см^2 происходит восстановление более 91,75% деформации сжатия.

Модуль осадки I (Маслов, 1949), характеризующий осадку слон породы мощностью 1 м под данной нагрузкой, при $P=4 \text{ кг/см}^2$ составляет 1,5—23,6 мм/м.

Коэффициент фильтрации k определяется в процессе компрессионного опыта после стабилизации под данной нагрузкой (до 4 кг/см^2), а также после разгрузки (начиная от нагрузки 4 и до $0,25 \text{ кг/см}^2$). Расчет коэффициента фильтрации при движении воды вверх произведен по номограмме Г. И. Тер-Степаняна (1960) и в среднем равен 10^{-7} — 10^{-8} см/сек (табл. 9), т. е. по величинам k исследованные глины практически являются водоупорными породами.

Աղյուսակ 9 Таблица 9

Կազմի ֆիլտրացիայի գործակիցի նմանական արժեքներ, սմ/վրկ
Величины коэффициента фильтрации глин, см/сек

Քանակաձև Կգ/սմ ² Нагрузка, кг/см ²	Նմանական համարը և նմանական խորությունը (մ) Номера и глубина отбора образцов, м			
	4835; 53,0	4837; 67,5	4846; 98,0	4847; 101,0
Քանակաձևում — нагрузка				
0,25	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$2,3 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$
0,50	$3,8 \cdot 10^{-7}$	$9,2 \cdot 10^{-8}$	$5,2 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$
1,00	$1,9 \cdot 10^{-7}$	$1,4 \cdot 10^{-7}$	$9,0 \cdot 10^{-8}$	$3,6 \cdot 10^{-8}$
2,00	$2,0 \cdot 10^{-7}$	$7,2 \cdot 10^{-8}$	$6,0 \cdot 10^{-8}$	$6,4 \cdot 10^{-8}$
4,00	$7,6 \cdot 10^{-8}$	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$3,8 \cdot 10^{-7}$	$5,6 \cdot 10^{-7}$
Քանակաձևում — разгрузка				
4,00	$6,8 \cdot 10^{-8}$	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-7}$
2,00	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$3,2 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$
1,00	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$4,4 \cdot 10^{-8}$	$6,8 \cdot 10^{-7}$	$6,6 \cdot 10^{-8}$
0,50	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$4,2 \cdot 10^{-7}$
0,25	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$1,4 \cdot 10^{-8}$	$9,2 \cdot 10^{-8}$	$6,2 \cdot 10^{-7}$

Трехосное сжатие. Для определения сопротивления сдвигу использован метод трехосного сжатия, по которому возможен одновременный контроль условий дренирования и измерения порового давления.

Испытание на трехосное сжатие осуществлялось на приборе Бишоп (Бишоп и Хенкель, 1961). Для исследованных глин применялись монолиты диаметром 38 и высотой 75 мм. Сопротивление сдвигу озерных глин изучено для образцов 4833 и 4834, взятых соответственно из глубины 45,5 и 48,0 м. Проводились консолидированно-недренированные испытания водонасыщенных пород с естественной структурой.

Результаты трехосных испытаний приведены в табл. 10. Определены величины показателей сопротивления сдвигу (сцепление и угол внутреннего трения) и порового давления. Круги Мора для исследованных образцов с различными величинами уплотняющего давления, выраженные через полные и эффективные напряжения, приведены на рис. 10.

Как видно из приведенных в табл. 10 данных, оба коэффициента сцепления (c и c') близки по величине ($c=0,85$ — $1,00 \text{ кг/см}^2$, $c'=0,90$ — $1,05 \text{ кг/см}^2$). Для исследованных образцов угол внутреннего трения $\varphi' > \varphi$ ($\varphi = 13^\circ 40'$ — $16^\circ 42'$, $\varphi' = 14^\circ 58'$ — $17^\circ 22'$).

Աղյուսակ 10 Таблица 10

Դափերի եռառանցի փորձարկման արդյունքները

Результаты трехосных испытаний глин

Ութեր- նիստի նոմեր образца	Դափերի նոմեր образца	Դափերի նոմեր образца	Դափերի նոմեր образца	Դափերի նոմեր образца	Դափերի նոմեր образца	Էֆֆեկտիվ նոմեր Էֆֆեկտիվ նոմեր		Օսեայ նոմեր օսեայ	Կցում Կցում		Ներքին շրջ- ման անկյուն	
						Տ ₂	Տ ₁		Տ	Տ'	ϕ	ϕ'
48833	45,5	1	3,57	4,57	0,139	0,861	4,431	4,3	1,00	1,05	16°42'	17°22'
		2	5,46	7,54	0,261	1,739	7,279	5,3				
		4	5,98	9,98	0,465	3,535	9,515	7,0				
48834	48,0	1	2,71	3,71	0,358	0,642	3,352	4,7	0,85	0,90	13°40'	14°58'
		4	4,69	8,69	0,881	3,119	7,809	6,7				

СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛИН

Для выяснения природы прочности и деформационного поведения глин, для выявления зависимости свойств пород от их состава и состояния важное значение имеют исследования реологических и структурно-механических свойств при помощи методов физико-химической механики дисперсных систем.

Структурно-механические свойства глин с естественной структурой изучены на сдвиговом приборе Маслова по методу определения кинетики развития деформаций при постоянных, возрастающих от опыта к опыту, напряжениях сдвига с последующей мгновенной разгрузкой. Исследовались образцы с естественной влажностью при различных постоянных напряжениях сдвига в диапазоне от предела текучести P_{k-1} до предела прочности P_m . По полученным семействам кривых зависимости $\varepsilon = f(t)$ при $P = \text{const}$ рассчитаны все величины, характеризующие структурно-механические свойства озерных глин. Полученные результаты приведены в табл. 11 и на рис. 10—12.

Согласно структурно-механическим исследованиям, почти во всех образцах деформации в озерных глинах начинаются при действующих напряжениях сдвига $(2,4—61) \cdot 10^3 \text{ дин/см}^2$ (за исключением обр. 4836— $2,11,9 \cdot 10^3 \text{ дин/см}^2$), а лавинное разрушение структуры происходит при напряжениях, больших, чем $(1,0—7,1) \cdot 10^4 \text{ дин/см}^2$. Величина отношения P_m/P_{k-1} колеблется от 4,4 до 20, причем по глубине (скв. 133, обр. 4828—4836) наблюдается увеличение величины отношения, т. е. после раз-

Բնական և արհեստական ապարների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները
Структурно-механические свойства пород

Նման. թվերը և № օրրան	w %	w w _L	P _{с-1}	P	E ₁	E	E ₂
			$\eta \text{ kg/cm}^2$ дин/см^2				
4828	50.4	0.86	$3.7 \cdot 10^3$	$3.7 \cdot 10^3$	$1.8 \cdot 10^6$	$1.8 \cdot 10^5$	$1.9 \cdot 10^5$
	48.5	0.83		$7.3 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^6$	$2.7 \cdot 10^5$	$3.7 \cdot 10^5$
	50.3	0.86		$1.7 \cdot 10^4$	$4.2 \cdot 10^5$	—	—
4831	52.2	0.98	$3.7 \cdot 10^3$	$3.7 \cdot 10^3$	$1.8 \cdot 10^6$	$4.1 \cdot 10^5$	$5.2 \cdot 10^5$
	54.8	1.03		$7.3 \cdot 10^3$	$5.5 \cdot 10^5$	$2.1 \cdot 10^5$	$5.3 \cdot 10^5$
	55.3	1.04		$2.7 \cdot 10^4$	$6.7 \cdot 10^5$	—	—
4832	54.0	0.90	$3.7 \cdot 10^3$	$3.7 \cdot 10^3$	$5.5 \cdot 10^6$	$5.5 \cdot 10^5$	$6.1 \cdot 10^6$
	53.3	0.89		$6.1 \cdot 10^3$	$1.5 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^5$	$6.9 \cdot 10^5$
	53.6	0.89		$1.7 \cdot 10^4$	$3.9 \cdot 10^5$	—	—
4833	60.6	0.83	$2.4 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^3$	$3.7 \cdot 10^6$	$5.9 \cdot 10^5$	$7.1 \cdot 10^5$
	62.2	0.86		$7.3 \cdot 10^3$	$3.6 \cdot 10^6$	$8.5 \cdot 10^6$	$1.1 \cdot 10^6$
	64.0	0.88		$2.4 \cdot 10^4$	$1.7 \cdot 10^6$	—	—
4834	61.4	0.74	$2.4 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^3$	$9.2 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^5$	$3.4 \cdot 10^5$
	62.5	0.75		$8.3 \cdot 10^3$	$6.6 \cdot 10^5$	$3.1 \cdot 10^5$	$5.7 \cdot 10^5$
	61.3	0.74		$1.1 \cdot 10^4$	$6.4 \cdot 10^5$	—	—
4835	54.7	0.55	$2.4 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^3$	$3.1 \cdot 10^6$	$9.2 \cdot 10^6$	$1.3 \cdot 10^6$
	53.5	0.53		$3.7 \cdot 10^3$	$2.5 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^6$	$2.8 \cdot 10^6$
	55.2	0.55		$2.2 \cdot 10^4$	$3.1 \cdot 10^6$	—	—
4836	62.4	0.56	$4.9 \cdot 10^2$	$4.9 \cdot 10^2$	$1.5 \cdot 10^5$	$6.1 \cdot 10^4$	$6.7 \cdot 10^4$
	63.7	0.57		$2.4 \cdot 10^3$	$3.7 \cdot 10^5$	$8.1 \cdot 10^5$	$1.1 \cdot 10^5$
	61.6	0.55		$1.0 \cdot 10^4$	$4.5 \cdot 10^5$	—	—
4837	41.5	0.69	$2.4 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^3$	$7.4 \cdot 10^5$	$2.3 \cdot 10^5$	$4.5 \cdot 10^5$
	40.6	0.67		$4.9 \cdot 10^3$	$6.7 \cdot 10^5$	$2.4 \cdot 10^5$	$3.9 \cdot 10^5$
	42.3	0.70		$2.2 \cdot 10^4$	$3.9 \cdot 10^5$	—	—
4838	42.5	0.61	$2.4 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^3$	$1.9 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^5$	$2.8 \cdot 10^5$
	41.3	0.59		$6.1 \cdot 10^3$	$1.6 \cdot 10^6$	$6.1 \cdot 10^6$	$2.3 \cdot 10^6$
	42.2	0.60		$1.1 \cdot 10^4$	$1.3 \cdot 10^5$	—	—
4846	52.0	0.70	$7.3 \cdot 10^3$	$7.3 \cdot 10^3$	$1.4 \cdot 10^7$	$1.4 \cdot 10^6$	$1.6 \cdot 10^6$
	54.4	0.73		$1.2 \cdot 10^4$	$9.2 \cdot 10^5$	$4.1 \cdot 10^5$	$7.4 \cdot 10^5$
	53.7	0.72		$7.1 \cdot 10^4$	$2.7 \cdot 10^6$	—	—
4847	56.3	0.74	$6.10 \cdot 10^3$	$6.1 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^7$	$7.7 \cdot 10^5$	$8.2 \cdot 10^5$
	56.0	0.74		$1.7 \cdot 10^4$	$6.4 \cdot 10^5$	$3.7 \cdot 10^5$	$8.5 \cdot 10^5$
	56.2	0.74		$3.7 \cdot 10^4$	$8.6 \cdot 10^5$	—	—

նախնական հատկություններ

естественной структурой

λ	P_m	E_1 по разгр.	$\frac{P_m}{P_{K-1}}$	γ_0 պրկ աղ քաշ,	Θ վրկ сек.
	$\eta \text{ Դ/սմ}^2$ дин/см^2				
0,90	—	$2,8 \cdot 10^7$	—	$4,9 \cdot 10^{10}$	$2,7 \cdot 10^5$
0,75	—	$5,5 \cdot 10^6$	—	$3,4 \cdot 10^{10}$	$1,3 \cdot 10^5$
—	$1,7 \cdot 10^4$	—	4,6	—	—
0,77	—	$2,8 \cdot 10^7$	—	$1,5 \cdot 10^{11}$	$3,7 \cdot 10^5$
0,62	—	$5,5 \cdot 10^6$	—	$1,1 \cdot 10^{10}$	$5,2 \cdot 10^4$
—	$2,7 \cdot 10^4$	—	7,3	—	—
0,48	—	$1,4 \cdot 10^7$	—	$1,0 \cdot 10^{11}$	$1,8 \cdot 10^5$
0,69	—	$8,4 \cdot 10^6$	—	$9,7 \cdot 10^{10}$	$2,1 \cdot 10^5$
—	$1,7 \cdot 10^4$	—	4,6	—	—
0,84	—	$1,9 \cdot 10^7$	—	$1,8 \cdot 10^{11}$	$3,0 \cdot 10^5$
0,77	—	$5,7 \cdot 10^7$	—	$1,1 \cdot 10^{11}$	$6,5 \cdot 10^5$
—	$2,4 \cdot 10^4$	—	10	—	—
0,73	—	$4,6 \cdot 10^6$	—	$1,3 \cdot 10^{10}$	$5,4 \cdot 10^4$
0,54	—	$6,3 \cdot 10^6$	—	$1,0 \cdot 10^{11}$	$3,2 \cdot 10^5$
—	$1,1 \cdot 10^4$	—	4,4	—	—
0,71	—	$3,4 \cdot 10^7$	—	$1,7 \cdot 10^{11}$	$1,8 \cdot 10^5$
0,89	—	$2,8 \cdot 10^7$	—	$5,1 \cdot 10^{10}$	$2,1 \cdot 10^5$
—	$2,2 \cdot 10^4$	—	9,2	—	—
0,68	—	$7,3 \cdot 10^5$	—	$5,4 \cdot 10^9$	$8,9 \cdot 10^4$
0,77	—	$4,6 \cdot 10^6$	—	$1,5 \cdot 10^{10}$	$1,6 \cdot 10^5$
—	$1,0 \cdot 10^4$	—	20	—	—
0,62	—	$1,9 \cdot 10^7$	—	$4,4 \cdot 10^{10}$	$1,6 \cdot 10^5$
0,63	—	$7,4 \cdot 10^6$	—	$8,3 \cdot 10^{10}$	$3,5 \cdot 10^5$
—	$2,2 \cdot 10^4$	—	10	—	—
0,87	—	$1,9 \cdot 10^7$	—	$1,4 \cdot 10^{11}$	$5,8 \cdot 10^5$
0,70	—	$4,6 \cdot 10^7$	—	$1,1 \cdot 10^{11}$	$1,8 \cdot 10^5$
—	$1,1 \cdot 10^4$	—	4,6	—	—
0,90	—	$5,5 \cdot 10^7$	—	$2,1 \cdot 10^{10}$	$1,5 \cdot 10^4$
0,56	—	$2,3 \cdot 10^7$	—	$7,0 \cdot 10^{10}$	$1,7 \cdot 10^5$
—	$7,1 \cdot 10^4$	—	9,7	—	—
0,94	—	$6,6 \cdot 10^6$	—	$1,7 \cdot 10^{10}$	$2,2 \cdot 10^4$
0,43	—	$1,4 \cdot 10^6$	—	$6,2 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^4$
—	$3,7 \cdot 10^4$	—	6	—	—

грузки в более широком интервале напряжений происходит тиксотропное восстановление структуры.

Значения модулей упругости исследованных глин довольно близки и равны в среднем 10^5 — 10^6 дин/см². С возрастанием действующих напряжений наблюдается закономерный спад значений условно-мгновенного модуля деформации E_1 и равновесного модуля E в пределах одного десятичного порядка, вследствие разрушения структурных связей в процессе деформирования. Сопоставление величин эластичности λ у образцов, отобранных из скв. 133, указывает на относительное уменьшение эластических свойств пород с глубиной.

При мгновенном разгрузении исследованных образцов полный спад деформаций не наблюдался, что позволило подсчитать модуль упругости по разгрузке и вязкость. Для всех образцов наблюдается увеличение условно-мгновенного модуля деформации E_1 при разгрузке по сравнению с тем же модулем при нагрузке, что свидетельствует об уплотнении и синергетическом упрочнении глин в зоне сдвига и затухании деформации при длительном воздействии постоянно действующего напряжения.

Подобный эффект наблюдали также Горькова и Рябичева (1959), Аносова (1966) и Саркисян (1966). Это объясняется (Попов, 1944; Райт-бурд, 1956 и др.) уплотнением и ориентацией глинистых частиц в плоскости сдвига по наибольшей площади их соприкосновения при нарушении структуры глин.

По графикам зависимости условно-мгновенной упругой (ε_0) и наибольшей упругой (ε_m) деформаций от действующего напряжения сдвига (рис. 11—12) хорошо видно, что исследованные глины обладают слабыми упругими свойствами, несмотря на высокие величины модулей деформации. Указанное обстоятельство, вероятно, объясняется присутствием в породах органического вещества, придающего породе признаки конденсационных структурных связей.

Исследованные образцы с естественной структурой отличаются достаточно высокой вязкостью η_0 — в среднем десятого—одиннадцатого порядка и обладают способностью к течению типа ползучести без заметного разрушения структуры, вследствие упрочнения структуры при течении. Период релаксации исследованных глин в среднем равняется 10^4 — 10^5 сек.

Таким образом, метод определения структурно-механических свойств при помощи сдвигового прибора Маслова позволяет характеризовать деформационное поведение естественных структур озерных глин.

Реологические свойства. Исследование реологических свойств озерных глин проводилось на ротационном вискозиметре Воларовича на пастах при верхнем пределе пластичности методом получения полной реологической кривой с последующим снятием напряжений ($N=f(p)$) и кривых зависимости эффективной вязкости от действующего напряжения сдвига ($\eta=f(p)$).

Կավերի պնդիական բնութագիրը
Реологическая характеристика глин

Նմուշների № № образцов	W _{паст} , %	$\frac{w}{w_L}$	P_{k-1}	P'_r	P_{k-2}	P_m	$\frac{P_m}{P_{k-1}}$	$\frac{P_m}{P_{k-2}}$	γ_0	γ_m	$\frac{\gamma_0}{\gamma_m}$	γ_{i0}^*	γ_{im}^*	$\frac{\gamma_{i0}^*}{\gamma_{im}^*}$	Ստորագործողի վերականգնման բնույթը Характер восстановления структуры
			η ին/սմ ² дин/см ²				η ուակ пуаз			η ուակ пуаз					
4828	58,7	1,00	$1,1 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^4$	20	1,6	$6,3 \cdot 10^2$	79	8	$6,2 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^3$	4,4	Հիստերեզիս—гистерезис
4830	61,8	0,97	$2,5 \cdot 10^3$	$2,6 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^4$	12,8	2,7	$3,5 \cdot 10^2$	112	3,1	$5,9 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^3$	1,7	Նույնը—то же
4831	69,1	0,92	$5,7 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^4$	$2,3 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^4$	5,6	1,4	$3,6 \cdot 10^3$	106	34	$5,7 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^3$	4,1	" " "
4832	60,9	1,02	$4,8 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^4$	6,7	1,5	$4,6 \cdot 10^3$	128	36	$9,4 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^3$	6,7	" " "
4833	71,8	0,99	$8,0 \cdot 10^3$	$3,9 \cdot 10^4$	$6,3 \cdot 10^4$	$7,1 \cdot 10^4$	8,9	1,1	$7,8 \cdot 10^3$	229	32	$4,7 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^3$	36	Փոքր հիստերեզիս—малый гистерезис
4834	81,0	0,98	$1,2 \cdot 10^4$	$4,7 \cdot 10^4$	$6,2 \cdot 10^4$	$6,9 \cdot 10^4$	5,7	1,1	$6,7 \cdot 10^4$	193	347	$5,7 \cdot 10^4$	$9,3 \cdot 10^3$	6,1	Հիստերեզիս—гистерезис
4837	56,4	0,94	$7,0 \cdot 10^3$	$5,6 \cdot 10^3$	$6,7 \cdot 10^4$	$7,4 \cdot 10^4$	10,6	1,1	$3,5 \cdot 10^4$	245	143	$5,9 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^3$	5,4	Նույնը—то же
4846	73,5	0,99	$4,5 \cdot 10^3$	$3,4 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^4$	$3,9 \cdot 10^4$	8,6	1,4	$4,2 \cdot 10^3$	169	25	$1,3 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^3$	5,4	" " "
4847	76,3	1,00	$8,1 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^4$	$4,0 \cdot 10^4$	4,9	1,4	$1,4 \cdot 10^3$	151	9,3	$1,0 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^3$	4,2	" " "

Вискозиметр позволяет исследовать изменение скорости деформации паст во всем интервале напряжений—от условного статического предела текучести P_{k-1} до предела прочности P_m при постепенном нарастании действующего напряжения сдвига, в особенности при наибольшей степени их разрушения.

Полученные характеристики реологических свойств представлены в табл. 12 и на рис. 13. Деформации наблюдаются при действующих напряжениях сдвига порядка 10^3 — 10^4 дин/см², а лавинное разрушение структуры происходит при напряжениях выше $P_m = (2,2—7,4) \cdot 10^4$ дин/см². При снятии напряжений у большинства образцов исследованных глин проявляется гистерезис. Следовательно, для озерных глин характерен гистерезис восстановления структурной сетки.

Исследованные породы, являющиеся водонасыщенными и имеющие малопрочный структурный каркас, способны внезапно разжижаться в довольно узком интервале напряжений выше динамического предела текучести P_{k-2} ($P_m/P_{k-2} = 1,1—1,6$, только у обр. 4830—2,7). Эти породы выше предела прочности текут с наименьшей постоянной вязкостью (вязкость предельно нарушенных структур) $\eta_{im} = 79—229$ пуаз. При предельном разрушении структуры вязкость падает на два-три порядка ($\eta_{0i}/\eta_{im} = 3,1—347$, отношение, характеризующее степень разрушения структуры при механическом воздействии).

На реологических кривых область шведовской вязкости η_0^* соответствует прямолинейному участку между P_{k-1} и P'_r , т. е. η_0^* определяет свойства глин в области достаточно малых напряжений. Значения η_0^* колеблются от $5,7 \cdot 10^3$ до $5,7 \cdot 10^4$ пуаз. В этом интервале паста течет с практически неразрушенной структурой. Далее на кривых наблюдается резкий перегиб на участке $P'_r—P_{k-2}$, с последующим отрезком, отвечающим бингамовской вязкости η_{im}^* , которая характеризует область высоких напряжений. Величина $\eta_{im}^* = (1,1—9,3) \cdot 10^3$ пуаз. Отношение η_0^*/η_{im}^* для озерных глин колеблется от 1,7 до 36 и характеризует подвижность их, следовательно, исследованные образцы отличаются достаточной подвижностью.

Подытоживая изложенное о реологических исследованиях, можно заключить, что озерные глины по характеру реологических кривых относятся к группе пластично-вязких систем.

ВЫВОДЫ

В результате исследований озерных глинистых пород Араратской котловины установлена однородность минерального состава—гидрослюдисто-монтмориллонитового с преобладанием монтмориллонита, обуславливающего, в основном, физические и химические свойства глин. В глинах образованию монтмориллонита и аморфного кремнезема способствовала активная вулканическая деятельность наряду с отложением осадка, что приводило к обогащению последнего вулканическим материалом.

По гранулометрическому составу исследованные глины, сцементированные карбонатами, аморфным кремнеземом и, частично, органическим веществом, являются высокодисперсными породами (переходными к иллитам по микроагрегатному составу), а структурные связи имеют литифицированно-коагуляционный характер, с признаками конденсационных связей.

При литологической однородности озерные глины отличаются изменчивостью физического состояния по глубине.

Исследованные глины среднесжимаемы и практически водоупорны. По результатам, полученным при помощи методов определения структурно-механических и реологических свойств, озерные глины по своему состоянию являются переходными между породами слабой и средней степени уплотнения и литификации по классификации И. М. Горьковой (1966).

Для исследованных глин характерен гистерезис восстановления структурной сетки. Эти породы, являющиеся водонасыщенными и имеющие малопрочный структурный каркас, способны внезапно разжижаться в довольно узком интервале напряжений выше динамического предела текучести. Согласно компрессионным и структурно-механическим исследованиям, озерные глины обладают структурной прочностью. Отличительной особенностью изученных глин являются высокие значения модулей деформации при невысокой упругости. Деформационное поведение озерных глин с естественной и нарушенной структурами существенно различается (табл. 13).

Таблица 13

Сравнение свойств естественных и нарушенных структур глин

Структура	w, %	P_{k-1}	P_m	τ_0 , пуаз
		дин/см ²		
естественная	40,6—64,0	$4,9 \cdot 10^2—7,3 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^4—7,1 \cdot 10^4$	$5,4 \cdot 10^9—1,8 \cdot 10^{11}$
нарушенная	56,4—76,3	$1,1 \cdot 10^3—1,2 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^4—7,4 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^2—6,7 \cdot 10^4$

Естественные структуры при малых напряжениях, являясь эластично-пластично-вязкими телами, в дальнейшем, по мере старения и уплотнения, переходят в группу пластично-вязких.

При нарушенной же структуре озерные глины по своему реологическому поведению относятся к пластично-вязким телам с высоким значением отношения начальной вязкости к конечной.

Проведенные исследования еще раз показывают необходимость комплексной количественной характеристики глинистых пород.

Вискозиметр позволяет исследовать изменение скорости деформации паст во всем интервале напряжений—от условного статического предела текучести P_{k-1} до предела прочности P_m при постепенном нарастании действующего напряжения сдвига, в особенности при наибольшей степени их разрушения.

Полученные характеристики реологических свойств представлены в табл. 12 и на рис. 13. Деформации наблюдаются при действующих напряжениях сдвига порядка 10^3 — 10^4 дин/см², а лавинное разрушение структуры происходит при напряжениях выше $P_m = (2,2—7,4) \cdot 10^4$ дин/см². При снятии напряжений у большинства образцов исследованных глин проявляется гистерезис. Следовательно, для озерных глин характерен гистерезис восстановления структурной сетки.

Исследованные породы, являющиеся водонасыщенными и имеющие малопрочный структурный каркас, способны внезапно разжижаться в довольно узком интервале напряжений выше динамического предела текучести P_{k-2} ($P_m/P_{k-2} = 1,1—1,6$, только у обр. 4830—2,7). Эти породы выше предела прочности текут с наименьшей постоянной вязкостью (вязкость предельно нарушенных структур) $\eta_m = 79—229$ пуаз. При предельном разрушении структуры вязкость падает на два-три порядка ($\eta_0/\eta_m = 3,1—347$, отношение, характеризующее степень разрушения структуры при механическом воздействии).

На реологических кривых область шведовской вязкости η_0^* соответствует прямолинейному участку между P_{k-1} и P'_r , т. е. η_0^* определяет свойства глин в области достаточно малых напряжений. Значения η_0^* колеблются от $5,7 \cdot 10^3$ до $5,7 \cdot 10^4$ пуаз. В этом интервале паста течет с практически неразрушенной структурой. Далее на кривых наблюдается резкий перегиб на участке $P'_r—P_{k-2}$, с последующим отрезком, отвечающим бингамовской вязкости η_m^* , которая характеризует область высоких напряжений. Величина $\eta_m^* = (1,1—9,3) \cdot 10^3$ пуаз. Отношение η_0^*/η_m^* для озерных глин колеблется от 1,7 до 36 и характеризует подвижность их, следовательно, исследованные образцы отличаются достаточной подвижностью.

Подытоживая изложенное о реологических исследованиях, можно заключить, что озерные глины по характеру реологических кривых относятся к группе пластично-вязких систем.

ВЫВОДЫ

В результате исследований озерных глинистых пород Араратской котловины установлена однородность минерального состава—гидрослюдисто-монтмориллонитового с преобладанием монтмориллонита, обуславливающего, в основном, физические и химические свойства глин. В глинах образованию монтмориллонита и аморфного кремнезема способствовала активная вулканическая деятельность наряду с отложением осадка, что приводило к обогащению последнего вулканическим материалом.

По гранулометрическому составу исследованные глины, сцементированные карбонатами, аморфным кремнеземом и, частично, органическим веществом, являются высокодисперсными породами (переходными к смешанному по микроагрегатному составу), а структурные связи имеют пластифицированно-коагуляционный характер, с признаками конденсационных связей.

При литологической однородности озерные глины отличаются изменчивостью физического состояния по глубине.

Исследованные глины среднесжимаемы и практически водонепроницаемы. По результатам, полученным при помощи методов определения структурно-механических и реологических свойств, озерные глины по своему состоянию являются переходными между породами слабой и средней степени уплотнения и литификации по классификации И. М. Горьковой (1966).

Для исследованных глин характерен гистерезис восстановления структурной сетки. Эти породы, являющиеся водонасыщенными и имеющие малопрочный структурный каркас, способны внезапно разжижаться в довольно узком интервале напряжений выше динамического предела текучести. Согласно компрессионным и структурно-механическим исследованиям, озерные глины обладают структурной прочностью. Отличительной особенностью изученных глин являются высокие величины модулей деформации при невысокой упругости. Деформационное поведение озерных глин с естественной и нарушенной структурами значительно различается (табл. 13).

Таблица 13
Сравнение свойств естественных и нарушенных структур глин

Структура	w, %	P_{K-1}	P_m	τ_0 , пуаз
		дин/см^2		
Естественная	40,6—64,0	$4,9 \cdot 10^2—7,3 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^4—7,1 \cdot 10^4$	$5,4 \cdot 10^9—1,8 \cdot 10^{11}$
Нарушенная	56,4—76,3	$1,1 \cdot 10^3—1,2 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^4—7,4 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^2—6,7 \cdot 10^4$

Естественные структуры при малых напряжениях, являясь эластично-пластично-вязкими телами, в дальнейшем, по мере старения и уплотнения, переходят в группу пластично-вязких.

При нарушенной же структуре озерные глины по своему реологическому поведению относятся к пластично-вязким телам с высоким значением отношения начальной вязкости к конечной.

Проведенные исследования еще раз показывают необходимость комплексной количественной характеристики глинистых пород.

ENGINEERING-GEOLOGICAL FEATURES OF LOWER QUATERNARY LAKE CLAYS OF THE CENTRAL PART OF THE ARARAT VALLEY

Cand. Geol. Miner. Sc. DIMITRY SARKISSIAN*

Abstract. As a result of our investigations of lake clays of the Ararat valley the homogeneity of the mineral composition of hydromica-montmorillonite has been established with predomination of montmorillonite on which the physical and chemical properties of clay depend. The formation of montmorillonite and amorphous silica in clays was promoted by intensive volcanic activity which proceeded together with the deposition of the sediments as a result of which the latter became rich with volcanic material.

As to their granulometric composition investigated clays are highly dispersed rocks, whereas their structural connections have plasticized-coagulation character with signs of condensation connections.

The characteristics obtained on the physical state and properties of lake clays have permitted us to divide the thickness into two zones. In these indices alter up to 53 metres in depth, further they are almost stable.

Consequently, being lithologically homogeneous, lake clays vary as to their physical state. The investigated clays are middle compressive and practically watertight.

The results obtained by means of structural-mechanical and rheological investigations show that lake clays are transitional rocks between weak and intermediate degrees of compaction and lithification.

Compression and structural-mechanical investigations show that lake clays possess structural strength.

The deformation behaviour of natural and disturbed structures significantly varies. Natural structures at small stresses are elastic-plastic-viscous bodies; later with ageing and compaction they transit into plastic-viscous bodies.

Disturbed structures are plastic-viscous bodies, with high values of relationship between the initial and final viscosities.

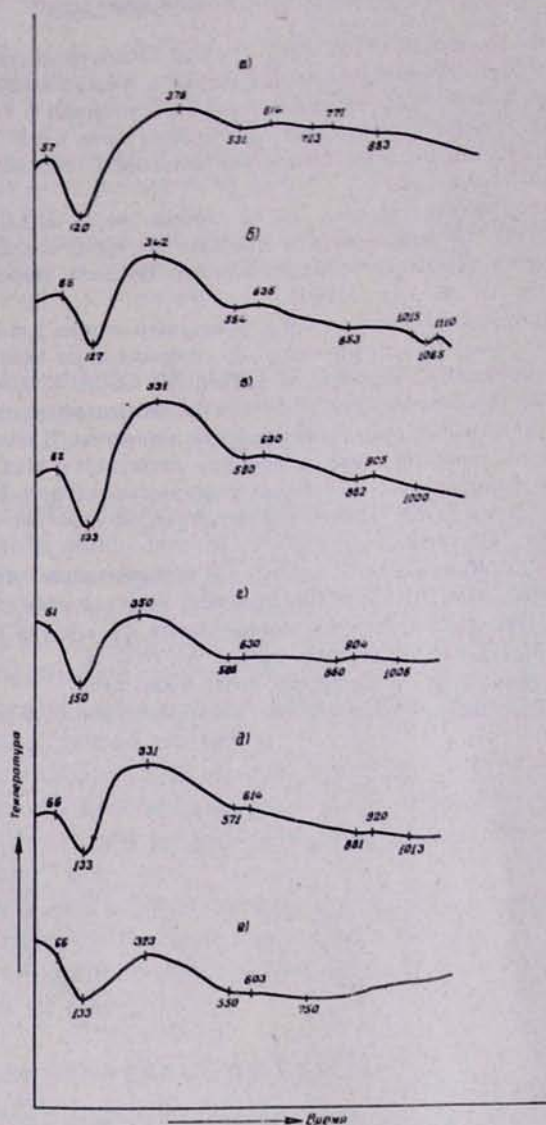
The investigations confirm the importance of complex quantitative characteristics of clays.

ՏՐԱԿԱՆ ՈՐՔՅՈՒՆ — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

- Абих Г. В. 1899. Геология Армянского нагорья. Западная часть. Орографическое географическое описание. Зап. Кавк. отд. Имп. геогр. о-ва, кн. 21., Пятигорск.
 Аслабян А. Т. 1958. Региональная геология Армении. Ереван, Айпетрат.
 Бишоп А. У., Хенкель Д. Дж. 1961. Определение свойства грунтов в трехосных испытаниях. Госстройиздат.
 Габриелян А. А. 1959. Основные вопросы тектоники Армении. Изд. АН АрмССР.
 Горькова И. М. и Рябичева К. Н. 1959. Опыт изучения структурно-механических свойств некоторых глинистых пород. Тр. ЛГПИ, т. 22.

* Senior Scientific Worker, Dept. of Geomechanics, Geological Institute, Armenian Academy of Sciences.

- Горькова И. М. 1965. Структурные и деформационные особенности осадочных пород различной степени уплотнения и литификации. Изд. «Наука».
- Горькова И. М. 1966. Теоретические основы оценки осадочных пород в инженерно-геологических целях. Изд. «Наука».
- Качинский Н. А. 1943. Методы механического и микроагрегатного анализа почвы. Изд. АН СССР.
- Маслов Н. Н. 1949. Прикладная механика грунтов. Машстройиздат.
- Морозов С. С. 1949. Химико-минералогический состав и физико-химические свойства отдельных гранулометрических фракций лессов Приднепровья и генетически близких им пород. Уч. зап. Моск. ун-та, вып. 133, грунтоведение, кн. I.
- Оганезов Г. Г. 1962. Подземные воды Араратской котловины (водный баланс массива Арагац), т. 3. Армгосиздат.
- Попов И. В. 1944. Криптоструктура глин при их деформации. ДАН СССР, т. 45, № 4.
- Приклонский В. А. 1947. Об использовании пределов Аттерберга для характеристики состава и состояния тонкодисперсных отложений. Вопросы теоретической и прикладной геологии, сб. 2, изд. МГРИ.
- Райтбурд Ц. М. 1956. О применении рентгено-структурного метода для изучения текстуробразования в глинах при деформации. Тр. совещания по инж.-геол. свойствам горных пород и методам их изучения, т. 1. Изд. АН СССР.
- Саркисян Д. Б. 1963. О вещественном составе и инженерно-геологических свойствах озерных нижнечетвертичных глин Ленинаканской котловины. В кн.: «Формирование инж.-геол. свойств глинистых пород в процессе литогенеза». Изд. АН СССР.
- Саркисян Д. Б. 1966. Формирование инженерно-геологических свойств озерных глин при их литификации. II часть кн. «Инженерно-геологические свойства пород и вопросы литогенеза». Изд. «Наука».
- Тер-Степанян Г. И. 1956. Комфильметр—прибор для компрессионных и фильтрационных испытаний грунтов. Изв. АН АрмССР, физ.-мат., естест. и техн. науки, т. 9, № 4.
- Тер-Степанян Г. И. 1960. Об определении коэффициента фильтрации связанных грунтов. Изв. АН АрмССР, сер. геол. и географ. наук, т. 13, № 3—4.
- Тюрин И. В. 1937. Органическое вещество почв. Сельхозгиз.
- Чаповский Е. Г. 1958. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов Госгеолтехиздат.



Նկ. 4. Կավերի տափաքման դիֆերենցիալ կորերը նմուշների համար՝
 а—4829, б—4830, в—4832, г—4835, д—4837, е—4839, ж—4840.

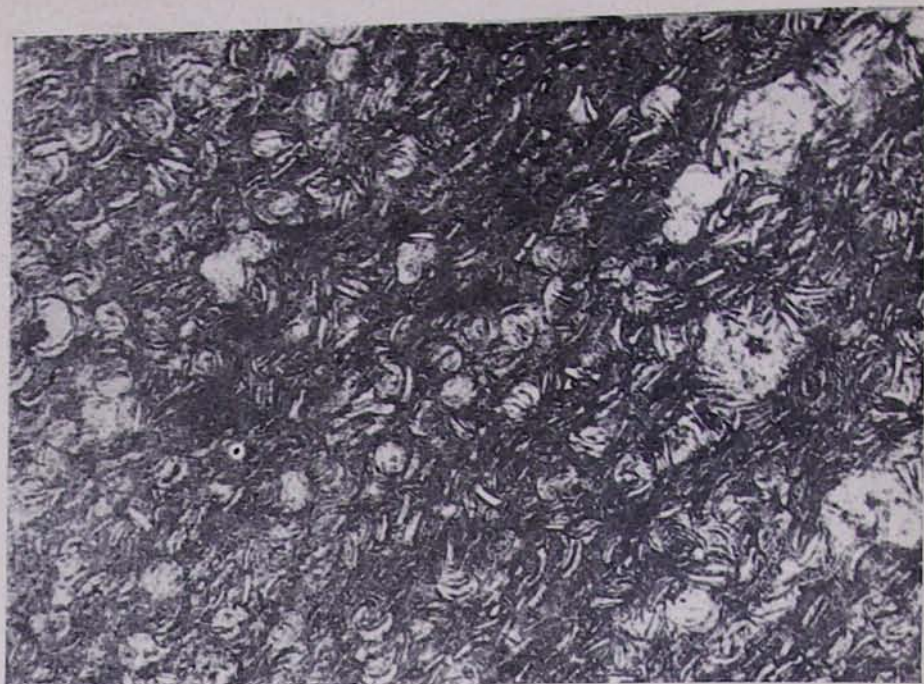
Рис. 4. Дифференциальные кривые нагревания глин для образцов:
 а—4829; б—4830; в—4832; г—4835; д—4837; е—4839; ж—4840.



Նկ. 1. Նմուշ 4839 (խոր. 28,0 մ) միկրոնկարը $\times 70$
 Рис. 1. Микрофотография образца 4839 (глуб. 28,0 м) $\times 70$

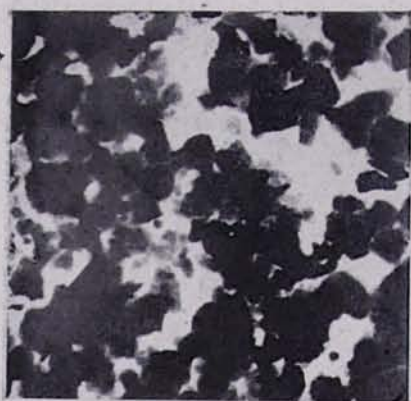


Նկ. 2. Նմուշ 4838 (խոր. 80,0 մ) միկրոնկարը $\times 150$
 Рис. 2. Микрофотография образца 4838 (глуб. 80,0 м) $\times 150$



Նկ. 3. Նմուշ 4834 (խոր. 48,0 մ) միկրոնկարը $\times 70$.

Рис. 3. Микрофотография образца 4834 (глуб. 48,0 м), $\times 70$



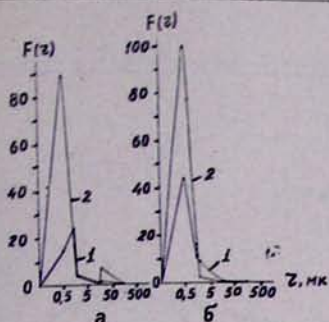
Նկ. 5. Նմուշ 4835 (խոր. 53,0 մ) էլեկտրոնա-
մանրադիտակային նկարը $\times 10000$

Рис. 5. Электронномикрофотография образ-
ца 4835 (глуб. 53,0 м) $\times 10000$



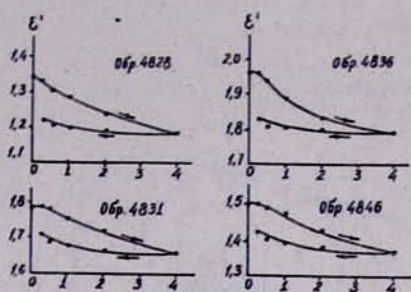
Նկ. 6. Նմուշ 4847 (խոր. 101,0 մ) էլեկտրոնա-
մանրադիտակային նկարը, $\times 10000$

Рис. 6. Электронномикрофотография образ-
ца 4847 (глуб. 101,0 м) $\times 10000$



Նկ. 7. Միկրոագրեգատային (1) և գրանուլոմետրիկ (2) կազմերի բաշխման կորերը նմուշների համար

ա-4828, б-4829, в-4830, г-4831, д-4832, е-4833, ж-4834;

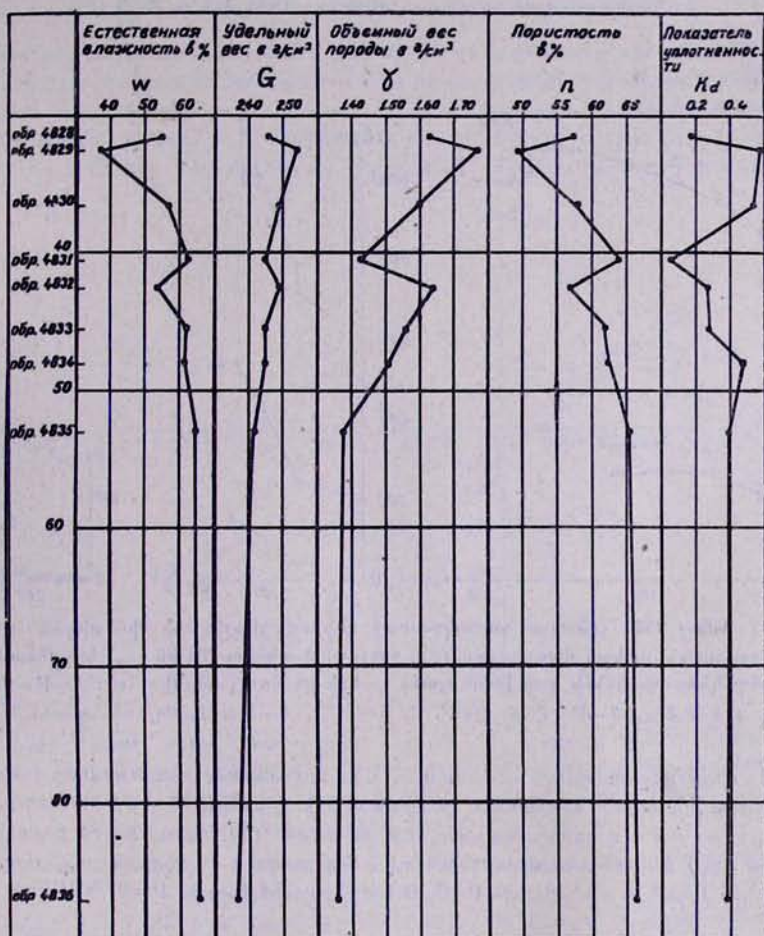


Նկ. 9. Կոմպրեսիայի և դեկոմպրեսիայի կորերը:

Рис. 7. Кривые распределения микроагрегатного (1) и гранулометрического (2) составов для образцов:

а-4828; б-4829; в-4830; г-4831; д-4832; е-4833;

Рис. 9. Кривые компрессии и декомпрессии.



Նկ. 8. Կավերի վիճակի փոփոխման գրաֆիկը ըստ խորության (հորատանց № 133)

Рис. 8. Изменение состояние глины по глубине (скважина № 133).