

*Երկրաբանություն*

УДК 624.131

Ս. Հ. ՀԱՅՐՈՅԱՆ

**ՌԻՌՉՄԱՆ ԳՈՐԾՈՆԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԱՎԱՅԻՆ ԳԵՏՆԱ-  
ՀՈՂԵՐՈՎ ԼԱՆՁԵՐԻ ԵՎ ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐԻ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ**

Ուռչող կավային գետնահողերով լանջերի և կառույցների կայունության որոշման, ինչպես նաև ճիշտ հաշվարկային սխեմա ընտրելու հարցը համդիսանում է ճարտարագիտական երկրաբանության, երկրատեխնիկայի կարևորագույն հիմնախնդիրներից մեկը: Իբրև խիստ մանրահատիկ և ակտիվ կոլոիդ մասնիկներից կազմված համակարգեր՝ ուռչող կավային գետնահողերն ունեն փոքր ջրաթափանցելիություն, որը հնարավորություն է տալիս դրանք օգտագործել հակաֆիլտրացիոն միջոցառումներում որպես ջրամբարի պատվար կամ միջուկ: Մյուս կողմից՝ այդ կոլոիդ մասնիկները, ունենալով բարձր հիդրատացման աստիճան, կլանում են ջուր, ուռչում՝ արդյունքում գետնահողը կորցնում է ամրության զգալի մասը:

Երկրատեխնիկայի և սողանքային երևույթների ուսումնասիրության համաշխարհային պրակտիկայում հայտնի են բազմաթիվ դեպքեր, երբ ուռչող կավային գետնահողերից կազմված լանջերում և հողային կառույցներում խոնավացումն ու ջրի առկայությունը պատճառ են դարձել լանջերի, արհեստական շեպերի և այլ հողային կառույցների մեծ չափերի հասնող անթույլատրելի դեֆորմացիաների՝ սողանքային երևույթների և վթարի: Չնայած նշված հիմնախնդրի խիստ կարևորությանը և հրատապությանը՝ այն ոչ բավարար է ուսումնասիրված:

Ներկայումս գոյություն չունեն հաշվարկային բանաձևեր, որոնք հնարավորություն կտան ստանալ հավաստի տվյալներ տարբեր խորություններում ուռչման հետևանքով առաջացած ճնշման և դեֆորմացիայի վերաբերյալ:

Ստորև ներկայացված են այն հիմնական գործոնները, որոնք ազդում են ուռչման պրոցեսների վրա: Դրանք բաժանվում են երկու խոշոր խմբի՝ արտաքին գործոններ (գետնահողերի առաջացման պայմանները) և ներքին գործոններ (կազմ, կառուցվածք, ֆիզիկական վիճակ):

Գետնահողերի առաջացման պայմանները որպես գործոն գրականության մեջ նկարագրվում է խտացվածության աստիճանը բնութագրող գործակցով [1]:

$$K_d = \frac{\varepsilon_L - \varepsilon}{\varepsilon_L - \varepsilon_p}, \quad [1]$$

որտեղ  $\varepsilon_L = \frac{\rho_s W_L}{\rho_w}$  և  $\varepsilon_p = \frac{\rho_s W_p}{\rho_w}$  ծակոտկենության գործակիցներն են համապատասխանաբար հոսունության սահմանին մոտ խոնավության ( $W_L$ ) և պլաստիկության ստորին սահմանին մոտ խոնավության ( $W_p$ ) դեպքերում,  $\varepsilon$ -ը ծակոտկենության գործակիցն է բնական պայմաններում,  $\rho_s$ -ը միներալային մասնիկների խտությունն է,  $\rho_w$ -ն՝ ջրի խտությունը:

Համաձայն այս մոտեցման՝ ուռչման հակում ունեցող կավային գետնահողերը գերխիտ են, այսինքն, նրանց առավելագույն խոնավությունը ( $W_{sat}$ ) փոքր է  $W_p$ -ից, այլ խոսքով, գետնահողում կարող է գոյանալ միայն ամուր կապված ջուր: Այս տիպի գետնահողերը գտնվում են գերխիտ վիճակում [2]:

Հայաստանի տարածքում տիպիկ գերխիտ գետնահողեր են ստորին միոցենի «խայտաբղետ» հաստվածքի կավային գոյացումները: Դրանց կարմրավուն և շագանակագույն երանգները վկայում են, որ նստվածքակուտակման ավագանը եղել է օքսիդավերականգնման միջավայր և ցամաքի տեղատարման մարզում եղել է շոգ կլիմա: Այս պայմաններում երկվալենտ երկաթային միացությունների փոխարեն առաջացել են եռավալենտ ձևեր:

Ճարտարագիտակրաբանական տեսանկյունից կարմրավուն կավերը ուսումնասիրվել են թե սողանքային երևույթների մեխանիզմի պարզաբանման և թե արդյունաբերական ու քաղաքացիական շինարարություններում որպես հիմնատակ օգտագործելու համար: Աղյուսակ 1-ում բերված են ստորին միոցենի հասակի կավային գոյացումների երկրատեխնիկական հատկությունների վերոհիշյալ ցուցանիշները:

Աղյուսակ 1

Տեղանքի անվանում	Փորվածքի №	Նմուշարկման խտություն, մ	$\rho_s$ , $g/cm^3$	$\rho$ , $g/cm^3$	$\varepsilon$	$W$	$W_L$	$W_p$	$I_p$	$\delta_{sw}$ , %	$W_{sat}$	$K_d$
Էրեբունի տարածք	Հ-181	5,7	2,75	1,99	0,647	0,192	0,618	0,270	0,348	49,8	0,235	1,072
	Հ-181	8,3	2,75	1,95	0,637	0,161	0,530	0,261	0,269	52,5	0,232	1,109
	С-198	2,0	2,63	2,04	0,529	0,183	0,460	0,293	0,167	39,9	0,201	1,550
	С-208	4,5	2,69	2,05	0,630	0,240	0,707	0,317	0,390	60,8	0,234	1,212
	С-244	4,0	2,68	2,1	0,497	0,173	0,485	0,254	0,231	40,1	0,185	1,297
	Մերկ-2	-	2,68	2,25	0,347	0,131	0,515	0,263	0,252	37,5	0,131	1,530
Երևանի ՉԷԿ-ի տարածք	С-198	6,0	2,63	2,09	0,477	0,175	0,466	0,286	0,180	35,8	0,182	1,581
	С-202	1,5-1,7	2,63	1,86	0,852	0,306	0,562	0,383	0,179	66,2	0,325	1,330
	С-201	4,5	2,62	1,95	0,724	0,282	0,625	0,393	0,232	65,4	0,276	1,503
Հ-165	4,7-5,0	2,60	1,87	0,733	0,250	0,600	0,365	0,235	62,0	0,282	1,354	

$\rho$  - գետնահողի խտությունը,  $W$  - բնական խոնավություն,  $I_p$  - պլաստիկության թիվ,  $\delta_{sw}$  - ազատ ուռչման դեֆորմացիա:

Ժամանակի ընթացքում ծածկող գետնահողերի հաստվածքի ավելացմամբ կավային գոյացումները խտացվում են՝ կոնսոլիդացվում: Այդ բեռնված-

քի ազդեցության տակ կավային գոյացումները ունենում են մեծ խտություն և փոքր խոնավություն՝  $K_d > 1$ ,  $W_p > W_{sat}$  (աղյ. 1): Կառուցվածքային կապերի ամրությունը պայմանավորված է արտաքին բարձր ճնշմամբ, նրա տևականությամբ կավային մասնիկների միներալային կազմով, ծակոտենային ջրի քիմիական կազմով, ջերմաստիճանով և այլն: Սկսած վերին սարմատից՝ տեկտոնական շարժումների արդյունքում նշված հաստվածքը հայտնվում է ցամաքային պայմաններում: Հողմնահարման, էրոզիոն պրոցեսների արդյունքում տեղատարվում է գետնահողերի որոշակի հաստվածքը: Կարմրաշագանակագույն գետնահողերը հայտնվում են կառուցվածքային անկայուն՝ գերխիտ վիճակում և ժամանակի ընթացքում հակված են ապախտանալու այնքան ժամանակ, մինչև նրանց խոնավությունը աճելով հասնի առավելագույն մոլեկուլային խոնավատարությանը համապատասխանող խոնավությանը: Ապախտացման պրոցեսները ակտիվ են հատկապես ջրի առկայության պայմաններում:

Բնական կամ արհեստական ճանապարհով լանջի կտրման, բեռնաթափման դեպքում գերխիտ վիճակում գտնվող կավային գետնահողում հորիզոնական և ուղղաձիգ ուղղությամբ ծագում են ներքին լարումներ՝ առաջ բերելով գետնահողերի առաջընթաց քայքայում: Բացի նշվածից՝ գերխիտ, ուռչող կավային գետնահողերից կազմված լանջերի թեքությունների՝ շեպերի կայունության հաշվարկման ժամանակ անհրաժեշտ է հաշվի առնել նաև ժամանակի ընթացքում ապախտացման, ուռչման գործոնը:

Ուռչող կավային գետնահողերը ըստ միներալային կազմի հիմնականում բաժանվում են շարժուն բյուրեղային կառուցվածք ունեցող մոնոմորֆիլոնիտային և կոշտ բյուրեղային կաոլինիտային գոյացումների [3]: Կաոլինիտային կավերի ուռչման պրոցեսը պայմանավորված է հիդրատացման ընթացքում մասնիկների շուրջը հիդրատային թաղանթի հաստության մեծացումով [ 4]:

Երբ  $W > W_p$ , լրացուցիչ խոնավացումը չի հանգեցնում այդ կավերի հետագա էական ուռչման:

## Աղյուսակ 2

Նմուշի №	$\rho_s, \text{գ/սմ}^3$	$\rho, \text{գ/սմ}^3$	$W$	$W_L$	$W_p$	$I_p$	$I_L$	$\delta_{sw}, \text{ՄՊա}$
57-85	2,71	1,71	0,273	0,865	0,387	0,478	<0	0,460
58-85	2,73	1,73	0,417	0,952	0,442	0,510	<0	0,120
59-85	2,75	1,63	0,546	1,705	0,404	1,301	0,109	0,185
-	2,75	1,72	0,424	1,705	0,404	1,301	0,015	0,230
-	2,75	1,74	0,320	1,705	0,404	1,301	<0	0,510
-	2,75	1,80	0,362	1,705	0,404	1,301	<0	0,495

$I_p$  - պլաստիկության թիվ,  $\delta_{sw}$  - ազատ ուռչման դեֆորմացիա:

Մոնոմորֆիլոնիտային կավերի հիդրատացման պրոցեսը (ի տարբերություն կաոլինիտային կավերի) ընթանում է ոչ միայն մասնիկների շուրջը հիդրատային թաղանթների գոյացմամբ, այլ նաև ջրի թափանցումով միներալի ներքին բյուրեղային ցանցի մեջ, որոնցով էլ որոշվում է ուռչման դեֆորմացիայի մեծությունը: Ուստի այս կավերի դեպքում լրացուցիչ խոնավացումը

հանգեցնում է ուռչման նաև այն դեպքում, երբ  $W > W_p$ : Աղյուսակ 2-ում բերված են ՀՀ տարածքի Սարիգյուղի բենտոնիտային կավի ջրաֆիզիկական հատկությունների ցուցանիշները:

Այսպիսով, ուռչող կավային գետնահողերը որպես շինարարական նյութ օգտագործելիս նրանց սկզբնական խոնավության ընտրությունը պետք է կատարվի ոչ թե օպտիմալ խոնավությունից ելնելով, երբ ստացվում է առավելագույն խտություն, այլ այն խոնավությունից, որի դեպքում լրացուցիչ խոնավացումը չի առաջացնում գետնահողի ուռչում՝ ապախտացում:

**Մասշտաբային էֆեկտ:** Գրական աղբյուրներում այս հարցը անբավարար է լուսարանված: Խնդրի վերաբերյալ կան տարբեր տեսակետներ: Համաձայն Ե.Ա. Սորոչանի, Բ.Ֆ. Ռելտովի [5, 6]՝ ուռչման ճնշումը և դեֆորմացիան բնական պայմաններում զգալի փոքր են, քան լաբորատոր պայմաններում բնական լարվածային վիճակին համապատասխանող գետնահողերի նմուշներինը: Բ.Ա. Սնեժկինը [7] գտնում է, որ նմուշների չափերը իրականում չեն ազդում ուռչման ճնշման և դեֆորմացիայի վրա: Այդ թվացյալ հակասությունը նա բացատրում է գետնահողում առկա մակրոծակոտիների, մակրոխոռոչների և այլ դատարկությունների առկայությամբ: Ջրակլանման պրոցեսում ի հաշիվ այդ խոռոչների ծավալի փոքրացման գետնահողի ծավալի փոփոխություն չի կատարվում, այլ տեղի է ունենում ներքին վերակառուցում, ներքին ագրեգատային ուռչում: Արդյունքում գետնահողում ներքին ծակոտիների չափերը հավասարվում են և խոռոչները վերանում: Աղյուսակ 3-ում բերված են Սիրիայի Արաբական Հանրապետության (ՍԱՀ) տարածքի ջրամբարի համասեռ պատվարի մարմնի ուռչող կավային գետնահողերի ջրաֆիզիկական հատկությունների ցուցանիշները՝ որոշված բնական տեղադրման և բնականին համապատասխանող լաբորատոր պայմաններում:

Աղյուսակ 3

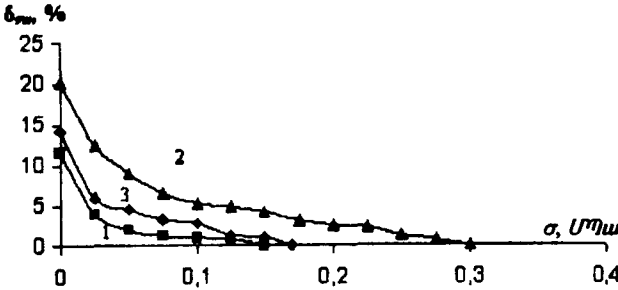
Փորձի №	Նմուշարկման խտությունը (H), ս	Խտությունը պատվարի մարմնում (ρ), գ/սմ <sup>3</sup>	Կմախքի խտությունը պատվարի մարմնում (ρ <sub>ձ</sub> ), գ/սմ <sup>3</sup>	Լաբորատոր պայմաններ			
				$\sigma_{sw}$ , ՄՊա	$\delta_{sw}$ , %	$\delta_{sw, \rho} / P$ (P = ρH), %/ՄՊա	$\rho_{t, sw}$ (ճնշման տակ), գ/սմ <sup>3</sup>
2	5,2-6,2	1,85	1,66	0,266	19,7	10,8/0,12	1,48
3	9,0-9,5	1,90	1,63	0,290	21,0	8,0/0,18	1,50
4	7,0-7,5	1,89	1,55	0,190	13,4	2,8/0,15	1,51
5	5,0-5,5	1,92	1,57	0,195	16,3	7,1/0,11	1,46

Ինչպես երևում է աղյուսակից, բնական պայմաններում ուռչող կավային գետնահողի կմախքի խտությունը գերազանցում է լաբորատոր պայմաններում միևնույն լարվածային վիճակում գտնվող 20 սմ հաստվածքով նմուշների կմախքի խտությունը: Սա հաստատում է այն միտքը, որ լաբորատոր պայմաններում ջրի առկայությունը հանգեցնում է ուռչման, իսկ բնական պայմաններում՝ ոչ, ծավալի փոփոխություն տեղի չի ունենում: Այսինքն՝ ստացվում է, որ այս դեպքում լաբորատոր փորձերը չեն կարող մոդել ծառայել բնական պայմաններում ընթացող պրոցեսների համար:

Լարվածային վիճակի ազդեցությունը ուռչման դեֆորմացիայի վրա: Որպես ուսումնասիրության օբյեկտ ծառայել են ՍԱՀ-ի տարածքում գտնվող

ջրամբարի ուղղորդ կավային գետնահողից կառուցված պատվարի մարմնից վերցրած նմուշները [8]:

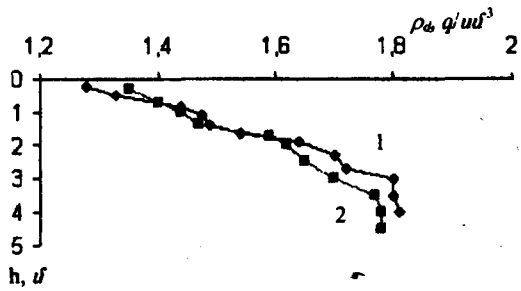
Փորձարարական ուսումնասիրությունները իրականացվել են կոմպրեսիոն սարքում [9]: Ուղչման ճնշումը որոշվել է ուղչման դեֆորմացիայի կոմպրեսիոն ապարատի եղանակով: Այնուհետև իրականացվել է բեռնաթափում մինչև արտաքին բեռնը վաճառքի գրոյական արժեքը: Բեռնաթափումն իրականացվել է աստիճանաբար, յուրաքանչյուր ետապում ուղչման ասպիտացման դեֆորմացիայի պայմանական կայունացումից հետո:



Նկ. 1: Տարբեր հորատանցքերից (Հ) վերցրած գետնահողերի ուղչման դեֆորմացիայի կախվածությունը արտաքին ճնշումից. 1 - Հ2; 2 - Հ4; 3 - Հ6:

Արդյունքները բերված են նկ. 1-ում: Ինչպես երևում է նկարից, ուղչման դեֆորմացիայի և արտաքին բեռնվածքի միջև կապը կրում է կորագիծ բնույթ: Համեմատած ազատ ուղչման դեֆորմացիայի հետ՝ ուղչման դեֆորմացիայի էական նվազում դիտվում է արտաքին բեռնվածքի սկզբնական ոչ մեծ փոփոխության միջակայքում: Մասնավորապես, 0,1 ՄՊա արտաքին ճնշման դեպքում ուղչման դեֆորմացիան փոքրանում է 75-80%-ով:

Նկ. 2-ում բերված է ՍԱՀ-ի տարածքի ջրամբարի պատվարի վերին բիեֆի ջրի մակարդակից ներքև տարբեր խորություններից (h) վերցրած նմուշների կմախքի խտության կախումը այդ խորություններից: Ինչպես երևում է նկարից, ջրամբարի կավային մարմնում ուղչման պրոցեսի էական ազդեցությունը դիտվում է մինչև 3,5-4,0 մ խորությունը: Եզրակացություն:



Նկ. 2:  $\rho_s=f(h)$  կախման գրաֆիկները:

1. Հայաստանի տարածքի միոցենի հասակի կարմրաշագանակագույն կավերի ուղչման հատկությունը պայմանավորված է նրանց գերխիտ վիճակով և միներալային կազմով (մոնոտորիլոնիտային կազմ):

2. Կառլինիտային կավային գետնահողերը խոնավացնելիս ուղչման հատկություն դրսևորվում է  $W < W_p$  արժեքների դեպքում: Բենտոնիտային (մոնոտորիլոնիտային) կավերը ուղչման հատկություն դրսևորում են նաև  $W > W_p$ -ի դեպքում:

3. Լաբորատոր պայմաններում ուղչման ռատունասիրությունները չեն կարող բնական պայմանների համար մոդելավորման հիմք ծառայել: Ուղչման ճնշումը և դեֆորմացիան այստեղ ստացվում են շատ ավելի բարձր արժեքներով, քան դաշտային պայմաններում (մասշտաբային էֆեկտ):

4. Արտաքին ճնշման և ուղչման դեֆորմացիայի միջև եղած կապը կրում է կորագիծ բնույթ: Պատվարների և այլ հողային կառույցների ուղչման

դեֆորմացիայի հիմնական մասը (75–80%) կարելի է չեզոքացնել ուղղման ճնշումից էապես փոքր արտաքին ճնշման դեպքում:

5. Պատվարի մարմնի վերին բիեֆի ջրի մակարդակից ներքև գտնվող հատվածներում ուղղման երևույթների ազդեցությունը տարածվում է մինչև 3,5–4,0 մ:

*Ջրանրկարանության և ճարտարագիտական  
երկրաբանության ամբիոն*

*Ստագվել է 27.02.2006*

### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Попов И.В. Природа прочности глинистых пород и ее кинетика при оползневых процессах. Оползни и борьба с ними. Ставрополь, 1964, с. 7–12.
2. Бьеррум Л. – Проблемы геомеханики, 1976, № 7, с. 50–77.
3. Гримм П.Е. Физико-химические свойства грунтов, глинистые минералы. Проблемы инженерной геологии. Сб. Статей. М., 1964, с. 11–29.
4. Осипов В.И., Бабик В.Г. – Инженерная геология, 1987, № 5, с. 18–27.
5. Рельтов Б.Ф. – Изв. ВНИИГ, 1947, т. 33, с. 17–21.
6. Сорочан Е.А. Строительство сооружений на набухающих грунтах. М.: Стройиздат, 1989, с. 300.
7. Снежкин Б.А. Изучение влияния высоты образцов на набухание глин. Инж. изыскания в строительстве: ПНИИИС, Госстрой СССР, 1978, с. 38–42.
8. Наурюян С.Н. Impact of shrinkable fracturing on shear strength in clay soils. 67<sup>th</sup> EAGE Conference, Madrid, 2005.
9. Месчян С.Р. Экспериментальная реология глинистых грунтов. Ер.: Гитутюн, 2005, с. 494.

С. Г. АЙРОЯН

## ВЛИЯНИЕ ФАКТОРА НАБУХАНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СООРУЖЕНИЙ И СКЛОНОВ, СЛОЖЕННЫХ ГЛИНИСТЫМИ ГРУНТАМИ

### Резюме

В работе рассматриваются прикладные проблемы устойчивости земляных (гидротехнических) сооружений, сложенных из набухающих грунтов, а также их геотехнические особенности. Результаты лабораторных и полевых анализов привели к следующим выводам:

- Свойства набухания миоценовых красно-коричневых глин, распространенных на территории Армении, обусловлены их переуплотненным состоянием, а также минералогическим составом (монтморилонитовый состав).

- Каолинитовые глинистые грунты проявляют свойство набухания при влажности  $W < W_p$ , а бентонитовые (монтморилонитовые) глины – также при  $W > W_p$ .

- Результаты лабораторных исследований набухания глинистых грунтов не могут служить основой для моделирования естественных условий. Значения давления и деформации набухания при лабораторных исследованиях получаются намного выше, чем в естественных условиях (масштабный эффект).

- Связь между внешним давлением и деформацией набухания имеет криволинейный характер. Основная часть деформации набухания (75–80%) материала тела плотины может быть погашена с помощью внешнего давления с намного меньшим значением, чем значение давления набухания.

- В верхнем бьефе воздействие процессов набухания в теле плотины распространяется до глубин 3,5–4 м от поверхности воды.

S. H. HAYROYAN

## THE INFLUENCE OF SWELLING ON STABILITY OF SLOPES AND CONSTRUCTIONS COMPOSED OF CLAY SOILS

### Summary

The applied problems of stability of soil constructions (hydraulic constructions) composed of swelling clays and those geotechnical peculiarities are discussed in the paper. The results of laboratory and field investigations have led us to the following:

- The swelling properties of red-brown clays of Miocene, extended in Armenia, are result of those overconsolidation state and mineralogical composition (montmorillonite clays).

- Kaolinite clay soils at moistening get property of swelling at values  $W < W_p$ , but bentonite clays- at values  $W > W_p$  as well.

- The values obtained at laboratory investigations of swelling clays could not be applied in modeling of natural conditions. The swelling pressure and deformation in laboratory tests is greater than the same parameters in natural conditions (scale effect).

- The graph of relation between external pressure and swelling deformation has a form of curve line. The main part of swelling deformation (75–80%) in a body of dam can be compensated by external load that is less than the swelling pressure value.

- At headwaters the influence of swelling processes in a body of a dam is distributed up to depths 3,5–4 m from water surface.