

П. С. ЈОВАНОВИЋ

УТИЦАЈ КОЛЕБАЊА ПЛЕИСТОЦЕНЕ КЛИМЕ НА ПРОЦЕС РЕЧНЕ ЕРОЗИЈЕ

Сложеност и динамизам рељефа земљине површине, као што је познато, настаје углавном под утицајем два основна геоморфолошка фактора: обнављања тактонских покрета земљине коре и климатских промена.

У плеистоцену клима се осетно мењала, па су и те промене утицале на изграђивање данашњег рељефа земљине површине. Оне су се изразиле у смењивању глацијалних и интерглацијалних доба и тиме су утицале на глацијално стање земљине површине и на глацијални ерозивни процес, који је оставио своје облике у рељефу и оних области у којима данас нема ледника. Оне су изазвале глациоевстатичке покрете морског нивоа и померање морских обалских линија, а тиме су утицале на процес абразије и на стварање нових серија прибрежних облика. Оне су утицале и на процес речне ерозије и на изграђивање речних облика у рељефу земљине површине. А управо на тај утицај ћемо овом приликом обратити посебну пажњу.

О утицају колебања плеистоцене климе на речну ерозију доста је расправљано, али изгледа да тај проблем још није потпуно обухваћен, нити је довољно расветљен. По нашем мишљењу, поглавито због тога што с једне стране нису правилно схваћене неке чињенице које су важне за његово решавање, а с друге стране што се при решавању тог проблема полазило од различитих теорија о речној ерозији, које су тај проблем или погрешно постављале или нису могле да га реше. Због тога је и узет у разматрање. Али пре него што пређемо на то расправљање треба да нагласимо да при обиљу стручне — географске, геолошке, палеоклиматолошке — литературе аутор који расправља о неком теориском питању — као што је ово — никад није сигуран да неки писац није можда, већ раније дошао на исту идеју, изнео исто мишљење, или скренуо пажњу на исте елементе. Нарочито, ако не располаже у потпуности стручном литературом, као што је наш случај.

УТИЦАЈ КОЛЕБАЊА ПЛЕИСТОЦЕНЕ КЛИМЕ НА ВОДОСТАЊЕ И ПРИТИЦАЈ КОД РЕКА И НА НИВО ВОДЕНИХ БАСЕНА

Утицај климе на процес речне ерозије се испољава у првом реду преко протицаја водених токова као агенса те ерозије, затим преко нивоа водених басена који претстављају доњу базу речне ерозије, и преко терета од растреситог материјала који ограничава ерозивни рад

водених токова. Са променом климе мењају се и сви ти важни ерозивни фактори. Због тога је при разматрању питања о утицају колебања плеистоцене климе на речну ерозију потребно да се претходно зна како су та колебања утицала на те факторе. Размотримо прво како су она утицала на протицај код река и на ниво водених басена.

Ранија схваћања. — Одавно је запажено да се у току плеистоцена клима мењала и да су се са тим променама јављала глацијална и интерглацијална доба. При том се за време глацијалних доба снежна граница померала у мање географске ширине и у мање надморске висине, а у вези с тим се јављало надирање ледника са појавом инландајсова; за време интерглацијалних доба снежна граница се померала у веће географске ширине и у веће надморске висине, услед чега су се ледници повлачили. Само научници нису били сагласни у томе какво је било стање климе за време тих доба, јер померање снежне границе може доћи и од промене температуре и од промене влажности. У погледу *температуре* данас је опште усвојено мишљење да је она за време глацијалних доба била нижа од данашње. Но аутори се не слажу у томе колико је било то снижење; разлике у процени су осетне, од 2—3° С до 10—12°С (2, 87). *А. Пенк* је на основу података да се средња годишња температура на снежној граници налази око 0° и на основу чињенице да се на положајима снежне границе последње вирмске глацијације данас налази средња годишња температура око 8° С, закључно (2, 88) да је за време вирмске глацијације температура у Европи била нижа за око 8°С.

Мишљења о *влажности* климе за време глацијалних и интерглацијалних доба још се више разилазе. Тако је *А. Пенк* најпре (1, 1142) држао да је глацијална клима, с обзиром на паралелност данашње и снежне границе, била хладнија, али да није била ни влажнија ни сувија од данашње. Други аутори, као *В. Хилбер* (14, 13), *Ј. Цвијћ* (3, I 40, II 165), *У. М. Девис* (8, 258), *А. Филипсон* (6, II/2, 267), *Ј. Бидел* (18, 499), *И. Шефер* (14, 70) и др. сматрају да су глацијална доба била не само хладнија него и *влажнија*, а интерглацијална топлија и *сувија*. Други аутори, као *В. Сергел* (10, 10, 11), *А. Пенк* (2, 88), *Б. Еберл* (1), *Ф. Цојнер* (17) и др. сматрају да су глацијална доба била хладнија али *сувија*, а интерглацијална топлија и *влажнија*. При томе је *В. Сергел* своје схватање заснивао на овој претпоставци. За време глацијалних доба, изнад сваког инландајса налазио се центар високог ваздушног притиска, тј. антициклона са хладним и сувим ваздухом, а око инландајса, у периглацијалним зонама, били су центри са ниским ваздушним притиском, тј. циклоне са релативно *топлијим* и *влажнијим ваздухом*. Због тога је по Сегерлу хладан и сув ваздух из инландајске антициклоне струјао према периглацијалним циклонама и доносио сушу; а топлији и влажнији ваздух из циклона се пео у висину и струјао према антициклони; ту се спуштао, расклађивао и излучивао своју влагу у облику иња и слане, па се као хладан и сув поново враћао у циклоне периглацијалних зона (9, 45).

Међутим, у том на први поглед логичном извођењу није довољно узет у обзир факат да се при доласку хладног антициклоналног ваздуха у топлију циклопу и при пењању њеног топлијег и влажнијег ваздуха

треба да врши и у њој конданзација и да се при том водени талог већином излучује и остаје у циклони. Због тога циклонални ваздух струји ка антициклони знатно расхлађен и осиромашен у воденој пари. Даље, Сергел у својим разматрањима није узео довољно у разматрање и кружење ваздуха између копна и мора. Уз то *А. Пенк* сматра (2, 90) да инландајс није био центар барометарског максимума него је слично данашњем гренландском инландајсу само модификовао зону западних ветрова.

А. Пенк је доцније (2, 88) променио своје прво схватање. Наиме, узевши у обзир сниженост температуре за време последњег глацијалног доба од 8° и термички градијент од $0,5^{\circ}$ C, он закључује да би глацијална снежна граница с обзиром на температуру требало да буде нижа од данашње за око 1.600 м. Међутим, на основу непосредног проматрања утврђено је да је она у Западној и Средњој Европи била снижена само за 1.200—1.300 м., а у Источној Европи за 800 м. Пенк сматра да је та разлика у висинама настала услед разлике у влажности, па је на основу тога закључио: да је „Европа у сваком случају имала за време леденог доба мање падавина него данас и да се при том то смањивање падавина појачавало идући даље у копно“. Уз то додаје: „То можемо и очекивати, кад је годишња температура за време леденог доба била нижа. Тиме су океанско испаравање и с њим у вези падавине на копну били смањени“ (2, 87, 88).

Што се тиче *протицаја* водених токова, већина научника сматра да је он непосредни одраз влажности климе, па су због тога узимали да је протицај био већи у оним плеистоценим добима у којима је по њиховом схватању клима била влажнија, а мањи у сувљим добима. Међутим *В. Сергел* је изнео мишљење да протицај код река у периглацијалним областима није везан за глацијална и интерглацијална доба, већ за фазе наступања влажније или сувље климе. По њему је протицај био мањи за време падирања ледника, када је клима постала хладнија и сувља, а већи за време повлачења ледника, када је клима постала топлија и влажнија. Као што ће се доцније видети, то је схватање доста оправдано, али оно не проситиче из Сергеловог схватања да влажност климе зависи од постојања инландајса. Јер док постоји инландајс, тј. и за време његовог надирања и за време његовог повлачења требало би да постоји и његов претпостављени утицај. *К. Трол* је протицај код река, које хране ледници, непосредно везао за фазе надирања и повлачења ледника и изнео мишљење да је он био слабији за време надирања ледника, када се знатан део падавина које долазе са мора акумулира у облику снега, а јачи за време повлачења ледника, кад се лед отапа и та акумулација се смањује. Тај утицај постоји; али, као што ће се доцније видети, он није једини и уз то важи само за глацијалне рске.

Извесни научници (ген. де Ламот, Ш. Депере, Ж. Дибоа, В. Рамзи, Е. Антевс, А. Пенк, А. Болиг и др.) су изнели мишљење да је колебање плеистоцене климе утицало и на *ниво мора*. Они су та *глациогвасијалничка* колебања морског нивоа довели у везу са акумулацијом и отапањем снега на копну и изнели мишљење да је услед акумулације снега за време глацијалних доба ниво био нижи, а за време интерглацијалних доба, када се тај снег кривио, био виши.

Као што се види, мишљења појединих научника како о стању климе за време појединих плеистоцених доба, тако и о утицају те климе на протицај водених токова јако се разликују. Због тога ћемо покушати да то питање размотримо преко теориске анализе циркулације воде изнад земљине површине за време тих доба.

Утицај циркулације воде на иришицај код река и на ниво водених басена. — Као што је познато, протицај код река зависи од више фактора: количине и врсте падавина, величине слива, рељефа одн. нагиба у сливу, геолошког састава слива и вегетације. Од свих тих фактора најважније су падавине, јер без њих нема ни самих водених токова. Међутим падавине зависе од кружења воде; а оно од температуре ваздуха, од резерве воде на земљиној површини и од струјања ваздуха изнад земљине површине. Кружење воде изнад земљине површине је двојако: локално и регионално.

У локалним кружењима вода кружи између земљине површине и атмосфере и изражава се у испаравању воде са земљине површине у атмосферу и у падању воденог талога из атмосфере на земљину површину. Али у том кружењу не учествује целокупна водена маса, јер се један њен део, који се налази *испод кондензационе тачке*, задржава стално у атмосфери, а други део, који преостаје од испаравања, мање-више се стално налази на земљиној површини. Том другом делу припада у морском кругу сама морска вода, а у копненим круговима вода у снежаницима, ледницима, језерима и барама, рекама, подземна вода и вода коју апсорбују биљке и животиње. При томе треба да се нагласи да је *одредни фактор у њом односу она маса воде коју атмосфера може да прими до кондензационе тачке*. Јер све док се не попуни та количина, јавља се смањивање водене масе на земљиној површини; а тек кад се она попуни, испарена вода са површине се поново на њу враћа. Колика може бити маса воде у атмосфери до кондензационе тачке зависи од температуре ваздуха: у топлијем ваздуху она је већа, а у хладнијем мања. Разлике могу бити осетне. Примера ради наводимо да један кубни метар ваздуха при температури од 0° С може примити до 4,85 гр водене паре, а при температури од 8° С скоро двапут више, односно 8,29 грама (26, 70).

Али локална кружења воде изнад мора и изнад копна нису потпуно затворена и одвојена, него су међу собом везана општим кружењем ваздуха, а нарочито регионалним кружењем између копна и мора. У том кружењу један део воде из локалног морског круга прелази са ваздушним струјама на копно и повећава масу воде у његовој атмосфери. С друге стране један део воде из кругова на копну прелази са ваздушним струјама у морски круг и повећава масу воде у његовој атмосфери. Услед тога у свим локалним кружењима која стоје под утицајем регионалног кружења постоји издавање и примање воде.

Појава водених токова и њихов протицај у првом реду зависе од биланса примања и издавања воде у локалним копненим круговима. Тај биланс није подједнак на целој земљиној површини, већ се разликује, што зависи од распореда копна и мора и од доминантних ваздушних струја. У том погледу постоје ова три главна случаја:

Прво, биланс је позитиван, тј. ваздух у неком локалном кругу изнад копна прима више воде него што издаје. У том случају вишак примљене воде се спаја са испареном водом из локалног круга, па се сав створени вишак изнад кондензационе тачке кондензује и пада на земљину површину. Такве области имају *хумидну климу*. Тако повећане падавине повећавају количину воде на земљиној површини и тиме повећавају протицај код водених токова. Они отичу према мору и тиме му враћају издату воду. Такве области по *Е. де Мартону* припадају *егзореичном хидролошком њишју*.

Друго, биланс је негативан, тј. ваздух неког копненог круга прима мање воде са стране него што издаје. У том случају укупна количина његове воде се смањује; и то најпре на рачун резерве на земљиној површини а затим и на рачун воде из ваздуха. Такве области добијају *аридну* или *џусџињску климу*, у којој су водени токови пресушили и не постоје. Такве области по де Мартону припадају *ареичном хидролошком њишју*.

Треће, биланс је уравнотежен, тј. ваздух у копненом локалном кругу прима исто толико воде са стране колико и издаје. У том случају укупна количина падавина не зависи од регионалног већ само од локалног кружења.

Исти је случај са областима у средишним деловима великих континената до којих не допире водена пара са мора и које су искључене из тог регионалног кружења. И у тим областима укупна количина падавина зависи само од локалног кружења. И код једног и код другог случаја падавине и водени токови зависе од резерве воде на земљиној површини. Ако је та резерва довољна да испаравањем пређе кондензациону тачку, онда ће се јавити водени талог који ће враћати испарену воду са земљине површине. Такве области имају *семиаридну климу*. Водени токови који се хране тим падавинама ограничени су на тај круг, тј. они отичу према неком унутрашњем воденом басену, или успут испаре и упију се у песак. Области са таквим токовима припадају по *Е. де Мартону* *ендореичном хидролошком њишју*.

Ако на земљиној површини нема довољно воде да испаравањем пређе кондензациону тачку, онда неће бити ни падавина ни водених токова. Такве области имају суву климу и припадају *ареичном хидролошком њишју*.

Егзореичне области су међу собом повезане и претстављају један хидролошки систем, слив светског мора. Ендореичне области су међутим ограничене на мање хидролошке системе у унутрашњости континента.

Ако је пак област са падавинама које настају од локалног и регионалног кружења затворена, онда водени токови не отичу према мору већ према унутрашњем басену. Услед тога се могу јавити ендореични токови и у хумидној клими. Али то траје само дотле док се басен не испуни водом, а потом се таква област претвара у егзореичну.

Изнети типови се затим модификују и под утицајем температуре која одређује *врстиу падавина*. У том погледу се издвајају нивални и плувијални типови. Нивалним типовима припада прво *глатцијално-нивални њишј*, код кога водени талог пада у облику снега који се акумулира у облику снежаника, из којих се затим формирају ледници. Такав водени

талог повећава масу воде на земљиној површини, али она не отиче непосредно него тек са аблацијом ледника. Ако је клима за дуго време стабилна, ледници постају стационарани, тј. они дају толико воде воденим токовима колико примају воденог талога.

Друго је *йериглацијално-нивални тип*. Код њега се један део воде са земљине површине упија у земљину унутрашњост, где се замрзава и претвара у тјел. Тај део не учествује у кружењу. Тек вишак учествује и то на такав начин што пада у облику снега за време зимске половине године, а крави се и отиче за време летње.

Треће је *нивално-йлувијални тип*. Код њега водени талог пада током зиме у облику снега, а отиче у пролеће кад се снег отопи. У лето пак он пада у облику кише и непосредно отиче.

Четврто је *йлувијални тип*, код кога водени талог пада само у облику кише и непосредно отиче.

Сви ти типови могу припадати и режиму влажне климе и режиму семиаридне климе.

Све је то мање више познато, али је било потребно да се на то укаже да би видели како се та разна хидролошка стања мењају са променом климе.

У том погледу се може поћи од ове опште поставке. Кад се температура снизи и клима постане хладнија, онда се количина воде у ваздуху смањује до кондензационе тачке, а исто тако се смањује и испаравање воде на земљиној површини. Због тога се смањује количина воде која кружи, а повећава се резерва воде на земљиној површини. У вези стим би требало да се код водених токова у самом почетку повећа протикај, а доцнија да се смањи, а у воденим басенима да се повећа ниво.

Обрнуто, кад се температура повиси и клима постане топлија онда се количина воде испод кондензационе тачке у ваздуху повећава, а такође се повећава и испаравања воде на земљиној површини. То изазива повећање количине воде која кружи, а смањење резерве воде на земљиној површини. Због тога би требало да се у воденим токовима протикај у самом почетку смањује, а потом да се повећава, а у воденим басенима да се ниво снизи.

Како су се те промене испољиле у вези са променама климе за време плеистоцена, одн. за време плеистоцених глацијалних и интер-глацијалних доба? Пре него што пређемо на разматрање тог питања потребно је да се прецизира шта се управо подразумева под глацијалним, а шта под интерглацијалним добом.

И раније је било изнето мишљење да се глацијална доба јављају поглавито због тога што је у извесним плеистоценим добима летња половина године била хладнија и што се због тога у хладнијим областима није могао да отопи сав снег који падне у току зиме (20, 542).

М. Миланковић је астрономско-математичким путем доказао да је Земља заиста у извесним плеистоценим добима добијала за време летњих половина године мању количину топлотне енергије, и да су због тога она морала бити хладнија (20). На основу тога је усвојено схватање да се под глацијалним добом подразумева свако оно плеистоцено доба у коме је температура у летњој половини године била осетно нижа од данашње, па је због тога и средња годишња температура била нижа

него данас. Услед осетно снижене летње температуре водени талог је испод раније снежне границе падао дужије време у облику снега и није се могао отапати, па се због тога снежна граница померала у мање географске ширине и спуштала у мање надморске висине. Обрнуто, интергласијално доба је имало осетно вишу летњу, а такође и вишу средњу годишњу температуру. Услед тога је водени талог падао дужије у облику кише, а зимски снег се отапао; услед тога се снежна граница померала у веће географске ширине и дизала у веће надморске висине.

Снижавање и повишавање летње температуре, одн. гласијално и интергласијално доба не наступају нагло, већ свако гласијално доба настаје од интергласијалног, развија се поступно до одређеног највишег степена, а затим опет поступно опада и прелази у интергласијално. Због тога се свако гласијално доба може поделити у три фазе: *рани гласијал* који одговара настајању и развијању гласијалне климе, односно спуштању снежне границе, *јуни гласијал*, који одговара стационарном стању најниже снежне границе и *јозни гласијал*, који одговара издизању снежне границе.

Исто тако и интергласијално доба настаје од гласијалног, развија се и поново поступно прелази у гласијално. Због тога и интергласијално доба треба да имају исте фазе: *рани*, *јуни* и *јозни интергласијал*.

Даље, са променама летње температуре и померањем снежне границе померају се и климатске зоне и изнете хидролошке области. За време гласијалних доба шири се гласијално-нивална област на рачун перигласијалне, а ова се помера на рачун нивално-плувијалне. Обрнуто, за време интергласијалног доба гласијално нивална област се сужава или се губи; на њен рачун се помера перигласијална, а са њом и нивално-плувијална област. *А. Пенк* је изнео, да су се границе појединих зона на атланској европској обали за време последње, вирмске гласијације биле помериле за 15° географске ширине према полутару (2, 92).

После тих напомена пређимо на разматрање постављеног питања. Узмимо најпре да *летња* и *средња годишња шемјерајура опадају* и да тиме настаје *рани гласијал*. Са снижавањем температуре требало би према горњој основној поставци да се смањује количина воде која кружи и повећава резерве воде на Земљиној површини, одн. да се смањује протицај код река, а повећава ниво воде у воденим басенима. То би и било кад не би постојало и померање снежне границе, а са њом и појединих хидролошких зона. Међутим та померања изазивају извесне модификације у појединим хидролошким областима, па је потребно да се оне конкретно размотре. Узећемо прво хидролошке области егзотичног хидролошког система.

У ранијим областима нивално-гласијалног хидролошког типа, са снижавањем температуре снежаници добијају у почетку нешто више, а доцније нешто мање снега. Због тога би требало да се њихови ледници повлаче. Међутим то повлачење се не јавља, или се не јавља у пуном износу, јер се са снижавањем температуре смањује и њихова аблација. Што се пак тиче протицаја код водених токова који се хране од ледника, он је у сваком случају мањи. А што се пак тиче морског басена, његов ниво би због мањег издавања воде тој области требало да се издиже.

Међутим са снижавањем температуре и померањем снежне границе јавља се и ширење ранијих нивално-глатијалних области на рачун периглатијално-нивалних. У тим деловима се јављају највеће модификације. Водени талог који пада у облику снега не криви се и не отиче у реке, као раније, него се задржава и акумулира у облику снежаника и ледника. То изазива *јако смањивање њиховицаја* код водених токова, који се хране од ледника из те области, и *јако снижавање морског нивоа*.

У заосталом делу ранијих периглатијално-нивалних области постоји само основно смањивање падавина и протицаја код река.

Али и периглатијално-нивалне области се шире на рачун нивално-плувијалних. На том делу би требало по основној поставци да се у почетку повећавају, а доцније да се смање падавине. Међутим у томе се јавља извесна модификација. Наиме, настало је замрзавање подземне воде и претварање у тјел. Због тога, а и због основног смањивања падавина, протицај код река које стоје под тим утицајем се у почетку осетније смањује. Доцније, када се формира тјел, настаје само основно смањивање протицаја. Све то утиче у извесној мери и на ниво мора.

У заосталом делу нивално-плувијалних области постоји само основно смањивање падавина и протицаја код река.

Раније плувијалне области не мењају битно свој режим под утицајем снижавања летњих температура. Због тога се у њима јавља само основно смањивање падавина и протицаја за време лета.

Према томе у хидролошком систему хумидне климе и егзореичних водених токова јављају се са појавом раног глатијала ове промене: 1) протицај у воденим токовима је уопште смањен, а нарочито је јако смањен у ранијим периглатијално-нивалним областима које су делом потпале под нивално-глатијални режим; 2) морски ниво би према основном утицају требало да се издигне, међутим он се због ретензије велике количине воденог талог у проширеном делу нивално-глатијалног режима и због формирања тјела у проширеном делу периглатијално-нивалног режима спушта.

У областима ендореичких токова семиаридне климе јављају се са појавом раног глатијала нешто модификоване промене. Поглавито због тога што хидролошка стања у тим областима зависе од локалног кружења, што су оне подвојене и што је резерва воде на земљиној површини у њима мања, па је и осетљивија на климатске промене.

У оним деловима ендореичних области који су раније припадали нивално-глатијалном режиму пада мања количина воденог талог и мања количина доспева у ледничке потоке. Због тога се њихов протицај смањује. Међутим резерва воде на земљиној површини из које долази водени талог у те области повећава се, а ниво водених басена се издигне.

Ти делови се исто тако шире на рачун периглатијално-нивалних. У тим новодобијеним деловима водени талог се акумулира у облику снежаника и ледника. Због тога се протицај њихових водених токова јако смањује и јако се смањује резерва воде на земљиној површини из које се храни та област. Због тога се ниво водених басена у тим областима јако снижава.

У заосталим периглатијално-нивалним областима протицај код река се смањује, а резерва воде на земљиној површини и ниво локалних водених басена се повећавају.

У новодобијеним периглацијално-нивалним деловима који су створени на рачун нивално-плувијалних области протицај код река и ниво водених басена се смањују услед формирања тјела.

У нивално-плувијалним и плувијалним областима протицај се смањује, а ниво водених басена се издиже.

Промене се јављају и у оним сувим и аричним областима које су као такве постале раније услед недовољне резерве воде на Земљиној површини. У њима се због смањивања количине воде испод кондензационе тачке могу јавити падавине и ендорчни водени токови.

Напред изнети утицаји трајаће за све време раног глацијала и све ће се више појачавати са снижавањем температуре. Највиши степен ће достићи за време пуног глацијала.

Ако се температура пуног глацијала стабилизује за дуже време, онда морају настати и извесне промене у том стању.

Највеће промене се испољавају у новоствореним областима глацијално-нивалног режима. Наиме, са стабилизацијом климе ледници постају стационарани, тј. они аблацијом губе онолико воде колико примају воденог талог у својој сабирној области. Они ту воду предају својим потоцима. Због тога ће протицај тих потока бити нешто већи него за време раног глацијала, а осетно мањи него у преглацијалном добу. То ће стварно и бити код свих оних водених токова у којим су се изворишним деловима јавили снежници и ледници, а при томе се није изменила површина слива. Међутим код оних водених токова чија је површина слива повећана, као што је нарочито случај у области инландајса, протицај се може знатно повећати.

Егзореични водени токови враћају у море сву ону количину воде коју су од њега примили. Због тога се глацијално-евстатички ниво мора стабилизује; само у мањој висини него у преглацијалном добу. Снижавање одговара резултанти између издизања услед смањеног испаравања и снижавања услед ретензије воденог талог у новоствореним енежаницима и ледницима.

Ендореични токови пак враћају у унутрашње басене онолику количину воде коју су од њих примили. Због тога ће се њихов ниво стабилизовати у знатној мањој висини. Управо за онолико колико је воде акумулирано у новоствореним снежаницима и ледницима.

Извесне промене се јављају и у новоствореним областима периглацијално нивалног режима. Са стабилизацијом климе престаје у њима стварање тјела, а с тим и ретензија воде. То такође донекле утиче на протицај водених токова и на ниво водених басена.

У областима осталих хидролошких режима протицај водених токова се стабилизује са стањем које је створено на крају раног глацијала, тј. он је мањи него у преглацијалном добу. Ниво водених басена у ендореичним областима стабилизује се у највећој висини.

После пуног глацијала настаје *јозни глацијал*. Он се одликује релативним повишавањем температуре, које доводи до нових квалитетних промена у хидролошком стању на земљиној површини. Оне су управљене у супротном смислу промена које су се дешавале за време раног глацијала.

Према општој поставци са повишавањем температуре издиже се кондензациона тачка и повећава се испаравање воде на земљиној површини. Услед тога се већа количина воде налази у атмосфери, а мања на Земљиној површини. Кружењем веће количине воде ствара се већа количина падавина, а она ствара већи протицај код водених токова. Смањивањем пак воде на земљиној површини требало би да се снижава шиво у воденим басенима.

Међутим то се стање модификује са повлачењем снежне границе у веће географске ширине и веће висине и са померањем хидролошких области. У том погледу нарочито је значајно редуцирање области глацијално-нивалног режима и померање области периглацијално-нивалног режима. Услед тих појава настаје отапање ледника и снежаника, што изазива знатно веће повећање протицаја код њихових водених токова. А са померањем области периглацијално-нивалних области у веће географске ширине настаје и отапање леда у тјелу. Услед тога и та раније задржана вода улази у циркулацију и у почетку осетније повећава протицај код водених токова.

Отопљена вода од ледника, снежаника и из тјела враћа се у водене басене. Због тога се издиже ниво мора и унутаршњих басена којима притичу водени токови из тих области. Међутим ниво унутрашњих басена у ендорейним областима, у које не притичу глацијални водени токови, се спушта. Даље, суве арктичне области, које су за време раног и пуног глацијалне биле претворене у ендорейчне, враћају се у првобитно стање.

Изнете промене ће се вршити за све време трајања позног глацијала и све ће се више појачавати са повишењем температуре.

Штавише, оне се неће зауставити са завршавањем позног глацијала на нивоу данашње климе него ће се продужити и у интерглацијално доба, све док се температура повишава. А то значи за све време раног интерглацијала. Оне престају тек кад се заврши повишавање температуре и она се стабилизује на највишем нивоу тј. за време пуног интерглацијала.

Са стабилизацијом климе у нивоу пуног интерглацијала јављају се и извесне модификације. Управо тада престаје смањивање снежаника и повлачење ледника — уколико још постоје; на због тога опада повећање протицаја код река и издизање нивоа у воденим басенима које је долазило од њиховог отапања. Исто тако престаје и утицај отапања леда у тјелу. Услед тога се у том добу налази највиши ниво у воденим басенима.

Са престанком пуног интерглацијала настаје позни интерглацијал. У њему температура почиње да се снижава. То снижавање се продужује у рани глацијал и тиме се обнављају већ изнете промене.

Претходна анализа нам је показала да утицај промена плеистоцене климе на протицај водених токова углавном зависи: 1) од температуре, која одређује висину кондензационе тачке у локалном кружењу и од резерве водене масе на земљиној површини која стоји на расположењу за испаравање; 2) од ваздушних струја, које одређују регионално кружење воде и од континенталности области, која утиче на регионално кружење воде; 3) од нагиба области према мору, који одређује могућност

отицања воде према мору и 4) од померања климатских зона, а нарочито зоне глацијално-нивалног режима, које повећава или смањује ретензију воденог талога на копну.

Даље, претходна анализа је показала, да је досадашња подела плеистоцене климе на глацијална и интерглацијална доба неподесна; јер снижавање и издизање снежне границе и појава и ишчезавање снежаника и ледника претставља само локалне и регионалне модификације хидролошког стања за време тих доба. Исправније је да се колебања плеистоцене дели: на *доба снижавања џемјерајуре*, које обухвата позни интерглацијал, рани глацијал и пуни глацијал и на *доба повишавања џемјерајуре*, које обухвата позни глацијал, рани интерглацијал и пуни интерглацијал.

У једном циклусу колебања климе могли бисмо доба снижавања температуре означити као *кајоџемјеричну фазу*, а доба повишавања температуре као *аноџемјеричну фазу*.

Утицај тако посматраних промена плеистоцене климе на хидролошка стања на земљиној површини се испољава на следећи начин:

За време снижавања температуре треба да се јави уопште смањивање количине воденог талога и протицаја у рекама а повећање нивоа водених басена. Али због појављивања и ширења глацијално-нивалних области и у вези с тим изазване ретензије воденог талога на копну појачава се смањивање протицаја код река глацијално-нивалног режима, а снижавају се ниво мора и нивои унутрашњих басена који су везани за реке тог режима. Затим, због смањивања количине воде испод кондензационе тачке извесне суве и ареичне области се претварају у ендоречне. Ти утицаји су све изразитији у току снижавања температуре и стабилизују се тек у нивоу најнижег стања температуре.

За време повишавања температуре се уопште јавља повећање количине падавина и протицаја код река, а требало би да се јави и снижавање нивоа водених басена. Међутим због сужавања глацијално-нивалних области и отапања снежаничке и ледничке акумулације јавља се изузетно појачавање протицаја код река глацијално-нивалног режима и издизање нивоа мора и нивоа оних унутрашњих басена који су везани за реке тог режима. Ареичне области које су у претходном добу биле претворене у ендоречне постају поново ареичне. И ти су утицаји све изразитији у току повишања температуре и стабилизују се тек у нивоу највишег стања температуре.

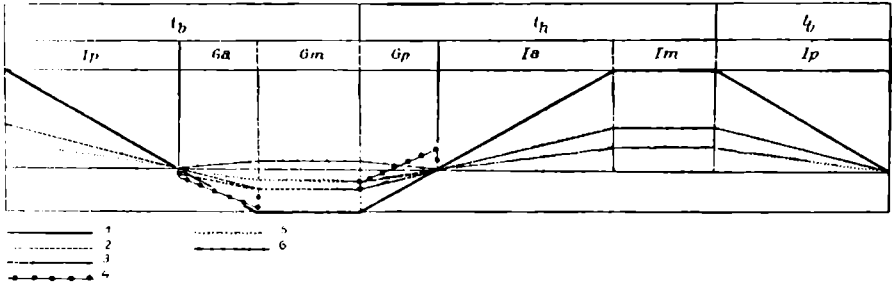
Разумљиво, поменути утицаји зависе од јачине промене температуре — уколико је та промена већа, утолико су и они јачи.

У вези са претходним излагањем треба да се учине и неке напомене.

Прво, у изнетој анализи је у првом реду посматран утицај промене температуре на *просечну вредност укупног њројшцаја за хидролошку годину*. Међутим протицај у току године може бити различит у појединим режимима. Са променама климатских режима мења се и он.

Друго, у претходној анализи је посматран утицај промене климе на *њројшцај водених џокова ограничених на њоједине хидролошке области*, а не и на протицај оних водених токова који припадају већем броју хидролошких области. Разумљиво, протицаји таквих токова су сложени и претстављају резултанту разних утицаја.

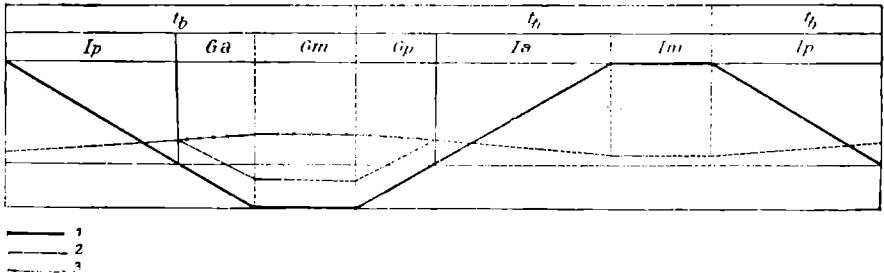
Даље, у претходној анализи је посматран само утицај промена шлеистоцене климе на протицај речних токова, а нису узимани у обзир и други фактори који утичу на њега и мењају његов основни тип. Они се такође могу мењати са променом климе. А тих фактора има доста, и то са различитим дејством — и по смислу и по обиму. Главнији су: копнене и морске ваздушне струје, које се могу померати и зонално



Ск. 1. — Шемајски њриказ утицаја колебања њлеистоцене климе на њроишцај.

1. Колебање температуре, 2. Основно колебање протицаја код водених токова плувијалног режима у егзореичним областима, 3. Модификација основног колебања протицаја са појавом периглацијалне климе у егзореичним областима, 4. Модификација основног колебања протицаја са појавом глацијално-нивалне климе у изворишним деловима водених токова, 5. Колебање протицаја водених токова плувијалног режима у ендореичним областима и 6. Колебање протицаја код водених токова у ариичним областима за време грацијалних доба.

t_h период повишавања температуре, t_b период смањивања температуре, G_a рани глацијал, G_m пуни глацијал, G_p позни глацијал, I_a рани интерглацијал, I_m пуни интерглацијал, I_p позни интерглацијал.



Ск. 2. — Шемајски њриказ утицаја колебања њлеистоцене климе на ниво водених басена.

1. Колебање температуре, 2. Колебање нивоа светског мора и ендореичних језерских басена са појавом глацијално-нивалне климе, 3. Колебање нивоа језерских басена са појавом глацијално-нивалне климе, 3. Колебање нивоа језерских басена у ендореичним областима изван утицаја глацијално-нивалне климе.

Објашњење осталих знакова као на ск. 1.

и регионално; рефлексивни утицај снежника и ледника на Сунчеве зраке; величина сливова, који се нарочито могу мењати у областима нишландајсева; висина и нагиби рељефа, који се могу мењати под утицајем ерозије; геолошки састав подлоге, који утиче на упијање воде и на појаву и ишчезавање тјела; уметнута језера, која се такође мењају; биљни и животињски свет, који се може мењати са климом; појава тектонских покрета Земљине коре итд.

Сви ти различити фактори могу мењати основно стање протицаја одређено климатским колебањима, у једном или другом правцу, и изазвати отступања од тог основног стања. Али све те модификације претстављају само посебне случајеве, сингуларитете, па због тога треба да се и посебно и конкретно посматрају.

УТИЦАЈ КОЛЕБАЊА ПЛЕИСТОЦЕНЕ КЛИМЕ НА ТЕРЕТ ВОДЕНИХ ТОКОВА

Раније је напоменуто да колебања плеистоцене климе утичу на речну ерозију и преко промена у растресеном материјалу који доспева у речно корито и који водени ток треба да пренесе. Тај утицај се испољава на тај начин што водени ток на регуларизованом уздужном профилу мора првенствено да искористи један део своје снаге за пренос целокупног материјала који добија са старане, па тек са остатком снаге да врши ерозију. Он тај страни материјал може добити или непосредно од денудације у свом сливу или од ледника у свом горњем току. И у једном и у другом случају тај материјал зависи великим делом од климе. Са променом климе и он се мења. Ако се при тој промени ствара терет који превазилази снагу воденог тока онда се он таложи; ако се пак ствара терет раван снази онда нема ерозије; а ако се ствара мањи терет него раније онда се ерозија појачава и настаје живље усецање воденог тока.

Утврђено је да се за време плеистоцена вршило наизменично засипање и усецање у речним долинама, па је изнето мишљење да је на те појаве утицала и промена терета у вези са колебањима плеистоцене климе. Како је *А. Пенк* утврдио да се ниска и висока шљунковита тераса у алпској суподини непосредно везују за чеоне морене млађих глацијалних стања у Алпима, то је он закључио да се засипање долина вршило за време глацијалних доба, а усецање у интерглацијалним добима. То схватање је прихваћено од већине научника, па је у вези с тим прихваћено и гледиште да су водени токови за време глацијалних доба примали више терета него за време интерглацијалних доба. Само ти научници или недовољно објашњавају те појаве или се разилазе у том објашњењу.

В. Сергел (9, 50) узима да се већи терет код водених токова у периглацијалним областима јављао за време глацијалних доба услед тога што је клима била хладнија и сувља, па је због тога и вегетација била оскуднија. Под таквим условима је било јаче распадање стена и јаче кретање растресиог материјала у виду урниса, точила, солифлукције и др., који је доспевао у речна корита и повећавао терет воденим токовима. Обрнуто за време топлијих и влажнијих интерглацијалних доба денудациони процес је био слабији и мање је лиферовало материјала воденим токовима.

Р. Грахман се слаже са Сергеловим објашњењем, само придаје већу улогу вегетационом фактору (19). Исто тако се и *Ј. Бидел* слаже са Сергеловим мишљењем, само сматра да је клима за време глацијалних доба била влажнија и да је због тога, а и због отапања снега за време лета, кретање растресиог материјала било интензивније (18, 497—499).

Сергелово објашњење доста одговара природи самог процеса, али би се могла ставити једна напомена. Распадање стена у периглацијалној области не зависи од повећања хладноће и од количине оног воденог талога који пада у облику снега, већ од трајања колебања температуре око 0° С, која изазива замрзавање и крвљење воде у пукотинама код стена.

Грахманово придавање већег значаја утицају вегетације је оправданије уколико се односи на кретање материјала. Међутим Биделово схватање да је клима за време глацијалних доба била влажнија, као што смо изнели, не одговара стварности. Једино је оправдано уколико се односи на повећање денудације за време летњег отапања снега, јер се тиме јавља јаче спирање растреситог материјала.

А. Пенк је обратио пажњу на материјал који добијају водени токови у суподини Алпа, тј. у глацијално-нивалној области. При томе је изнео (1) да водени токови за време хладнијег и сувљег глацијалног доба примају од ледника знатно већу количину материјала. По његовом мишљењу то је и један од главних узрока за флувиоглацијално засипање долина и за стварање шљунковитих заравни у њима.

Међутим и остали научници (Ј. Цвијић, А. Филипсон, У. М. Девис и др.), који држе да је клима за време глацијалних доба била хладнија и влажнија, сматрају да су ледници давали воденим токовима већу количину материјала.

Из тог излази да постоји опште уверење да ледници имају више материјала него водени токови. Колико нам је познато, то се објашњава јачом денудацијом и преиздубљеношћу глацијалних валова. Да ли је то објашњење довољно? Размотримо то питање.

Ледници заиста, као и нормални водени токови, добијају свој материјал од денудације и сопственом ерозијом. Што се тиче денудационог дела материјала, он се у сливу ледника ствара под овим условима: Температура је стално испод 0° С, вода у пукотинама стена је стално замрзнута, површина је знатним делом стално покривена снегом. Због свега тога би требало да је распадање стена у сливу ледника мање него у сливу његове реке која се налази у периглацијалној области. Исто тако би и доношење материјала требало да је мање, јер нема спирања — или је сведено на најмању меру, и што је нарочито важно, оно се врши према нивоу ледника као доњој денудационој бази, а тај ниво је релативно виши него ниво воденог тока. С друге пак стране ледници непосредно односе сав онај денудациони материјал који падне на њихову површину и на површину њихових снежника, без обзира на калибар, док водени токови остављају крупнији. Из тога би изашло да ледници у целини не предају воденим токовима већу количину денудационог материјала.

Међутим ледници предају воденим токовима и свој еродирани материјал, а његова маса мора бити већа од флувијалног еродираниог материјала из ових разлога. Прво, водени ток врши ерозију само у свом кориту, чији је попречни профил мали. Међутим код ледника ерозија се врши испод снежника и на попречном профилу валова, а то значи на знатно већој површини. Затим водени ток врши ерозију са мањом масом воде и већом брзином, а ледник са већом масом воде (јер се у

њему налази и онај акумулирани водени талог који не доспева непосредно до воденог тока) али са мањом брзином. Ако би се једноставно узело да ерозија зависи од масе и квадрата брзине, онда би могло изгледати чак да водени токови, који имају несразмерно већу брзину од ледника, треба да врше јачу ерозију. Али се може запитати: због чега је брзина код ледника мања? Оправдано се може узети да је мања због тога што је код ледника, због чврстог стања и притиска, она више искоришћена за рад, за ерозију. Из тог излази да ледник еродира несразмерно већу количину материјала. Како он предаје воденом току поред денудованог и тај еродирани материјал, то је укупна количина материјала који водени ток прима од ледника знатно већа него што би га имао кад не би било ледника. То се уосталом потврђује и тиме што водени токови, стварајући своје шљунковите терасе, нису били у стању да униште чеоне морене и остале глацијалне акумулативне облике.

Полазећи са тог становишта нема битне разлике да ли је за време глацијалних доба клима била сувља или влажнија, јер и у једном и другом случају ледници дају већи материјал својим рекама.

Повећање материјала што га ледници предају својим воденим токовима нарочито је велико приликом њиховог надирања, када они поред осталог улазе у речне долине и потсецају их, претварајући их у валове, и кад, бар извесним делом, потискују већ наталожени материјал испред свог чела.

Међутим за време повлачења ледника водени токови улазе у глацијалне валове. Услед тога они добијају релативно мање денудованог материјала; пошто се он таложи у облику сипара и плавина на подножју страна, па знатно мањим делом доспева у речна корита.

Приликом новог надирања ледника, он већим делом улази у раније изграђене валове и за толико би требало да се смањује његов ерозивни рад, а тим и материјал који носи и предаје свом воденом току. Међутим он захвата претходно сталожене сипаре и плавине и за толико повећава терет.

Претходно излагање се мање-више односи на одређена хидролошка стања: у областима периглацијалног и глацијално-нивалног режима. Међутим природније је да се утицај колебања климе на терет водених токова посматра у вези са променама хидролошких режима у појединим областима.

При томе ћемо поћи од ове основне поставке. За промену терета у воденим токовима је битно да се промене услови за распадање стена и за кретање распаднутог материјала. Због тога мењање летње температуре изазива промене терета код река само утолико уколико мења те процесе. А то значи уколико у областима високе температуре повећава или смањује колебање дневне температуре, које утиче на распадање стена, и уколико повећава или смањује влажност, која утиче на спирање растреситог материјала; а у областима ниже температуре, уколико продужује или скраћује период колебања температуре око 0° C, што утиче на распадање стена, и уколико повећава или смањује влажност, која је потребна и за распадање и за кретање материјала. С обзиром на ту основну поставку утицај колебања плейстоцене климе на терет водених токова у појединим областима се испољава на следећи начин.

У аридним областима које су са снижавањем летње температуре добиле плувијалан режим, смањује се раније распадање стена и повећава се спирање. Новостворени водени токови примају у почетку велику количину материјала; а доцније, уколико се са спирањем смањује распаднути материјал, смањује се и терет у воденим токовима. Обратно, кад наступи повишавање температуре повећава се распадање стена, смањује се спирање, али и ослабљени токови добијају релативно већи терет и поново се губе.

Области плувијалног режима са снижавањем температуре добијају хладније и сувље лето, али то мало утиче на промену терета код водених токова — уколико се смањује спирање растреситог материјала.

Слично је и са областима нивално-плувијалног режима, у којима тај режим није битно промењен. Међутим у оним нивално-плувијалним областима које су са снижавањем летње температуре претворене у периглацијално-нивалне јављају се осетније промене. Услед продужене зиме, смањеног воденог тока и смањене вегетације, у њима се јавља јаче распадање стена, ствара се тјел, јавља се солифлукација и друго кретање распаднутог материјала. Због тога водени токови добијају већи терет. Међутим са повишењем летње температуре и влажности јавља се обрнуто, оне се враћају у претходни нивално-плувијални режим.

У периглацијално-нивалним областима, које са променом летње температуре не мењају свој режим, само се нешто појачава распадање стена а смањује спирање. Међутим кроз периглацијалне области пролазе већином ледници који долазе из суседних глацијално-нивалних области и доносе свој материјал. Он утиче на терет периглацијалних водених токова на напред изнети начин.

У периглацијалним областима које су са снижењем летње температуре претворене у глацијално-нивалне, водени токови се губе а јављају се снежаници и ледници.

Изнето колебање терета водених токова је посматрано само с обзиром на његову количину, масу. Међутим оно добија свој прави значај тек у односу на протицај тих токова, што ће се размотрити у даљем излагању.

УТИЦАЈ ПРОМЕНА ПЛЕИСТОЦЕНЕ КЛИМЕ НА ПРОЦЕС РЕЧНЕ ЕРОЗИЈЕ

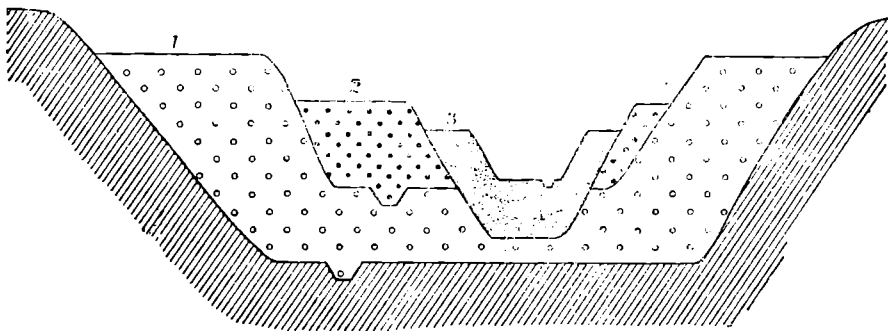
У претходном излагању је показано како су колебања плеистоцене климе утицала на протицај код водених токова, на нивое мора и унутрашњих басена, као и на терет код водених токова. Сада треба да се види како су те промене утицале на речну ерозију, а нарочито на формирање уздужних речних профила, који претстављају непосредни израз те ерозије. При том разматрању такође ћемо се ограничити на опште теоретско уопштавање, без улажења у посебне случајеве.

Ранија схватања. — Проблемом утицаја колебања плеистоцене климе на речну ерозију бавили су се многи геоморфолози и геолози. Они су притом изнели различита схватања с обзиром на области у којима су посматрали те појаве, с обзиром на схватање глацијалних и интерглацијалних доба и њихових климатских стања и с обзиром на теориска схватања о изграђивању уздужних речних профила, као и о речној ерозији уопште.

А. Пенк спада међу прве научнике који се с највише ауторитета бавио тим проблемом и чије је схватање послужило као полазна тачка и основица за даље разматрање по том питању (1, 113).

При изграђивању свог погледа о том проблему А. Пенк је пошао: од посматрања појава у области глацијално-нивалног режима у Алпима; од схватања да су глацијална и интерглацијална доба одвојена доба и да је клима за време глацијалних доба била хладнија и сувља, а за време интерглацијалних топлија и влажнија; и од његовог познатог схватања да се уздужни речни профили изграђују регресивном ерозијом.

Пенк је наиме, најпре запазио да су долине на северном подножју Алпа, у чијим су узводним деловима постојали плеистоцени ледници, несразмерно широке и да се у њима налазе огромне количине шљунковитог флувио-глацијалног материјала. Тај материјал је сталожен у облику два шира шљунковита покривача и две релативно уже шљунковите терасе, који су ступњевито поређани, при чему је нижи покривач уложен у виши, у њему је пак уклопљена виша тераса, а у ову нижа (ск. 3). Даље је Пенк запазио да се две ниже шљунковите терасе не-



Ск. 3. — Шемајски приказ флувиоглацијалних терасају А. Пенку (према Ј. Цвијићу, 3, 166).

посредно везују за чеоне морене малајих глацијалних стања у узводним, алпским деловима долина. На основу тих чињеница Пенк је закључио да се у тим долинама вршило наизменично засињање за време глацијалних доба и усецање у наталожени материјал за време интерглацијалних доба. То наизменично засињање и усецање Пенк је објаснио на следећи начин.

Засињање долина за време глацијалних доба вршило се с једне стране због тога што су ледници доносили велику количину материјала, а с друге стране што је у подножју Алпа постојао пинеПЛен, а у залеђу нижа средња планина са зрелим долинама (1, 119) и што су реке услед тога имале изграђену нормалну криву пада (1, 114), па нису могле да транспортују тај материјал. Оне су га наталожиле у облику великих плавина, издигле корито, померале свој ток, вршиле бочну ерозију и акумулацију и на тај начин створиле широке шљунковите заравни.

За време интерглацијалних доба јавила се међутим „јака ерозија“ која је вршила усецање у наталоженом материјалу. За појаву јаке ерозије

и усецање Пенк је изнео три узрока: прво, издизање Алпа и изеравање њиховог подножја; друго, преиздубљеност валова у залеђу и треће, поремећај нормалне криве пада услед претеране акумулације за време претходног глацијалног доба (1, 121, 122).

На изнето Пенково схватање могу се ставити ове примедбе:

1) Пенк посматра глацијална и интерглацијална доба као јединствена и међусобно потпуно одвојена, што према претходном излагању не би било исправно;

2) Пенк сматра да је терасасто засипање и усецање долина везано само за глацијално-нивални режим; међутим сличне појаве постоје и у другим областима (в. ниже);

3) Пенк претпоставља да је приликом насипања морао постојати нижи рељеф Алпа и њиховог подножја, а приликом усецања да се вршило издизање. Из тога би изашло да су Алпи за време сваког глацијалног доба били нижи, а за време сваког интерглацијалног доба да су се издизали. А то би значило да засипање и усецање долина у основи није последица климатских колебања него тектонских покрета. Уз то се при таквом схватању јавља недоследност: глацијалне појаве се јављају на нижој планини а нема их на вишој.

4) Пенк посматра изграђивање уздужних речних профила са становишта регресивне ерозије, јер претпоставља да се на нормалној кривој пада може вршити акумулација и да се она тиме издиже. О слабој страни регресивне ерозије за објашњење процеса изграђивања уздужних профила говорено је на другом месту (22, 23).

У. М. Девис (8, 258), Х. Вагнер (7, 345 и 362), А. Филмисон (6, II/2, с. 267), Ј. Цвијић (3, II, с. 165) и др. такође су прихватили Пенково схватање о засипању долина за време глацијалних доба и о усецању за време интерглацијалних доба, али с модификацијом да је за време глацијалних доба клима била хладнија и влажнија, а за време интерглацијалних топлија и сувља (в. горе). При томе Ј. Цвијић тај процес објашњава на овај начин: „За време глацијације располагале су реке које се хране од ледника већом количином воде, али се њихова снага трошила на ношење материјала. Сталожиле су га онде где се пад смањило.

Међутим, за време интерглацијалних периода смањила се количина воде у рекама, а још више количина материјала који реке носе, због тога је ојачала њихова механичка снага и настало дубљење долина, шљунком засутих. Тако су се формирале флувио-глацијалне терасе“ (3, II, 165).

У тим гледиштима се поред неправилног схватања климе за време глацијалних и интерглацијалних доба јавља и очигледна недоследност у приказивању процеса речне ерозије. Наиме, да реке са већим протицајем акумулирају, а са мањим се усецају. Вероватно је због тога В. Хилбер и изнео супротно мишљење: да је за време глацијалних доба било усецање а за време интерглацијалних засипање (по Шеферу — 11, 13).

А. Хейнер се осврнуо на проблем речне ерозије за време плеистоцена више са теориске стране. При томе је посматрао терасирање наноса у речним долинама уопште и покушао да ту појаву објасни са становишта шаржистичке теорије о изграђивању уздужних речних профила, тј. са становишта теорије да изграђивање уздужних речних профила зависи

само од односа између протицаја и материјала који река носи. Држећи се при том гледишта да је за време глацијалних доба владала хладнија и сувља клима, а за време интерглацијалних топлија и влажнија, Хетнер је прво посумњао да је промена климе за време плеистоцена довела до насипања; јер према већем доношењу материјала треба да стоји повећање протицаја. Због тога он узима да је ледник испуњавао долине и местимице их преиздубљивао и да су реке тек после повлачења ледника испуниле та удубљења (4, 383).

Доцније је Хетнер променио то мишљење и изнео да свако глацијално доба треба, услед повећаног доноса материјала од стране ледника, да одговара повећаној акумулацији река храњених отопљеном ледничком водом, а интерглацијално и постглацијално доба треба обрнуто да одговарају повећаној ерозији. Но при томе напомиње да се терасирање у речној долини може јавити и услед диференцијалних тектонских покрета, а у сувљим областима и услед настајања сушних и влажних доба (5, 59).

На то Хетнерово схватање могу се у погледу утицаја глацијалне и интерглацијалне климе на протицај и ерозију ставити исте примедбе као и на Пенково схватање. А што се пак тиче зависности изграђивања уздужних речних профила од терета, о томе је говорено више на другом месту (22, 23), а осврнућемо се и ниже.

В. Сергел се нарочито бавио испитивањем речних долина у периглацијалној области Средње Немачке (8, 9). У тим долинама се јавља серија шљунковитих тераса, мада се у њиховим горњим деловима нису налазили ледници. Терасе показују да се и у тим долинама смењивало засипање и усецање и Сергел је ту појаву довео у везу са променама плеистоцене климе. При томе је пошао од ових основних поставака. Као што је напред напоменуто, он сматра да је за време глацијалних доба, због појаве антициклона изнад инландајса, клима у периглацијалној области била хладнија и сувља а за време интерглацијалних, због повлачења инландајса, топлија и влажнија. Те промене климе су утицале на протицај код река и на процес распадања стена, а тиме се мењао однос између снаге и терета код водених токова. То је пак довело до засипања и усецања долина. Али нарочито је значајно што Сергел не ограничава те климатске утицаје на глацијална и интерглацијална доба него на доба снижавања и повећавања температуре (8, 50). Полазећи од тих основних поставака Сергел је појаву засипања и усецања долина објаснио на следећи начин.

Хладнија и сувља клима изазвала је на једној страни смањивање вегетације и одголићавање стена у речном сливу. То је довело до јаког распадања стена и стварања велике масе шута, који је доспевао у речна корита. С друге стране је таква клима смањивала протицај у рекама и оне нису биле у стању да евакуишу цео тај материјал; већ само да га померају и уобљавају. Због тога се он таложио, речно корито се издизало, а речна долина се засипала. Обрнуто, за време топлије и влажније климе јавила се бујнија вегетација која је покривала слив, смањивала распадање стена и спречавала да шут доспева у речна корита. С друге стране протицај у рекама се повећавао и због тога су се реке усецале у раније наталожени материјал.

Р. Грахман је изнео слично схватање о узроку засипања и усецања долина у периглацијалној области, само је знатно јаче истакао улогу промсна вегетације (15).

Ф. Цојнер је такође прихватио Сергелово схватање (16).

Поводом изнетог Сергеловог схватања могу се ставити ове при-
примедбе:

1) Утицаји промена плеистоцене климе на протицај и денудацију били би исправни, ако би промене климе долазиле услед повећања или смањивања температуре уопште. Међутим, као што је горе назначено, Сергел их доводи у везу са појавом антициклона изнад ниландајса. У таквом случају би клима у периглацијалној области зависила од постојања инландајса, а он мање више постоји и за време раног глацијала и за време пуног глацијала и за време позног глацијала. Због тога „ошљунчавање“ долина по том основу не би се могло ограничити само на „прелазно доба од интерглацијалне до пуне глацијалне климе“ (10, 53) него и на позни глацијал, или боље речено на цело глацијално доба.

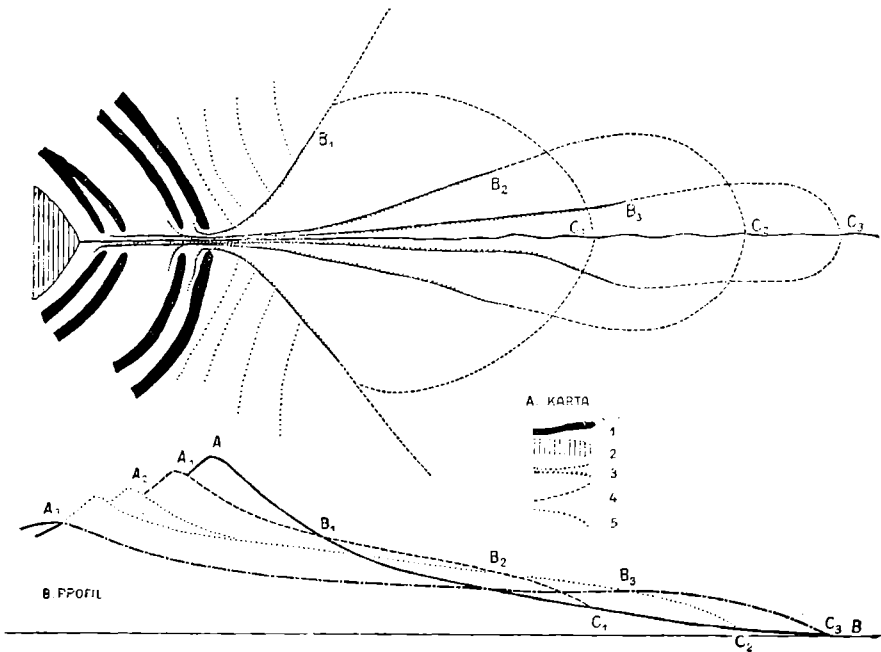
2) Сергел такође посматра засипање и усецање долине са становишта шаржистичке теорије о изграђивању уздужних профила; међутим то становиште није исправно (в. ниже).

К. Трол је унео нарочито значајне новине у питање засипања и усецања долина за време плеистоцена. Он је посматрао те појаве у с. суподини Алпа, тј. у области глацијално нивалне климе и дошао је до ових закључака. Прво, Трол износи да су ледничке реке, слично пустињским, преоптерећене материјалом. Оне тај материјал могу само делимице да преносе. Остали део таложе, при чему се идући према челу ледника тај део повећава, а са њим и моћност шљунковитог покривача, калибар материјала, пад уздужног профила и бочна ерозија (12, 166).

Трол, затим износи да са „настанком повлачења ледника, шта више већ и пре напуштања спољашњег бедма чеоних морена, почиње напрасно и ерозија. Периоде стварања долина, које на тако карактеристичан начин прекидају глацијално ошљунчавање, не настају, како се то често укратко каже, у интерглацијалном добу или постглацијалном добу, него на највишој тачци леденог доба, у почетку његовог силазног огранка“ (12, 169).

При томе је Трол нарочито детаљно разматрао питање усецања прелазне купе на спољашњем бедему и накиадне акумулације на низводном делу шљунковите терасе и изнео је ово мишљење. При повлачењу ледника његово чело се привремено зауставља и ствара нове чеоне морене и њихове прелазне купе, узводно од спољашњег бедма. При првом таквом заустављању леднички поток засеца спољашњи бедем и у њему ствара уску долину која се низводно шири у облику трубе, а низводније, на шљунковитој тераси акумулира шљунковити језик. При следећем заустављању ледника, његов поток усеца нову долину у старој долини и у шљунковитом језику, а таложи свој шљунковити језик на шљунковитој тераси низводније. Трол је запазио три серије таквих облика на ниској шљунковитој тераси у долинама северне алписке суподине (ск. 4).

На основу тих запажања Трол износи да је „главни рад дубинске ерозије, а тиме и ошљунчавање купе, био углавном завршен у позно-гласијалном добу и то у време док ледници још нису били достигли ивицу Алпа. Сви морфолошки процеси после ошљунчавања ниске



Ск. 4. — К. Тролов идеализовани приказ ерозионних и акумулационних процеса на гласијалним шљунковијим јољима (12, 181)

А. карта: 1. чеоне морене, 2. језерски басен, 3. терасе, 4. границе млађих наносних купе и 5. изохипсе;

В. уздужни профил: АВ, А₁С₁, А₂С₂, А₃С₃ сукцесивни шљунковити профили.

терасе показују се тиме као дело колебљивог леденог доба, постгласијално доба није изменило морфолошку слику. Процеси који су настали на шљунковитој тераси при повлачењу ледника, дубинска ерозија у горњем засипање у доњем делу, нису свакојоко обустављени до данас. Они се и данас продужују, али су узели све слабији темпо и данас се једва могу запазити. Цео развој је дакле текао изразито асимптотски“ (12, 179).

Усецање долине у облику трубе у прелазној купи и таложења на шљунковитој тераси у облику шљунковитог језика Трол објашњава на следећи начин. При повлачењу ледника снага воденог тока се повећава, јер се протицај повећава, а повећани падови на прелазној купи утичу на снагу са квадратом тог повећања. С друге стране терет се смањује јер се леднички материјал сада таложи иза бедема спољашњих чеоних морена. Због повећане снаге и смањеног терета водени ток се усеца у прелазну купу тог бедема, где су падови повећани. Еродирани материјал се међутим таложи низводније на шљунковитој тераси због

тога што се вода упија у шљунак и тиме се слаби снага и што су падови на тој тераси мањи.

Трол напомиње да таква ерозија отступа од закона регресивне ерозије и покушава да је доведе у везу с тим законом. При томе он сматра да се то може постићи разлагањем уздужног профила на мање делове са „једнаким падом“ и диференцирањем тих делова (12, 182).

Као што видимо, Тролово излагање се не односи на проблем утицаја колебања плеистоцене климе у целини, већ само уколико се он испољава у областима које су везане за глацијално-нивални режим, па и у њима само на моменат повлачења ледника у првом стадијуму. У том погледу поред добрих запажања и делимично доброг објашњења (в. ниже) постоје и разлози који нису довољно убедљиви. Наиме, за ерозију Трол наводи као разлог смањење терета — што је тачно — и повећање снаге услед повећања протицаја и повећаних падова. Повећања протицаја може бити само у току повлачења ледника, а не и при етапном заустављању, за које Трол управо везује ерозију. У тој фази протицај је исти као и у фази стварања бедема спољашњих чеоних морена, ако не и мањи због мањег ледничког слива. Што се пак тиче величине падова на прелазној купи, они су исти као и у почетку повлачења ледника.*)

Према томе ерозија на прелазној купи могла би зависити само од повећања протицаја у току повлачења ледника и од смањења терета.

Што се пак тиче акумулације на шљунковитој заравни, Трол износи да она зависи и од упијања воде у шљунак. Тај утицај не игра неку улогу, прво, што је он уопште привремен, јер пошто се шупљине у шљунку испуне водом, оне више не утичу битно на протицај, и друго, упијање воде за време накнадне акумулације је исто као и при крају стварања шљунковите терасе.

Покушај да се ерозија на прелазној купи доведе у везу са регресивном ерозијом разлагањем уздужног профила на мале делове са „једнаким падовима“ и даљим диференцирањем тих делова је немогућ; јер макако били мали делови профила, они морају имати различите падове. Падови претстављају углове нагиба тих делова, па ако би се они изједначили, онда би профил добио облик праве линије.

Б. Еберл прихвата А. Пенково схватање да се засипање речних долина вршило за време глацијалних доба, а усецање за време интер-глацијалних. Само он сматра да то не настаје под утицајем померања доње ерозивне базе или тектонских поремећаја већ под утицајем *горње ерозивне базе*. А под њом подразумева обод басена, одн. моренске бедеме од којих полазе леднички потоци натоварени материјалом. Са сваким надирањем ледника мења се та база изазвана ледником и од њега нагомиланим материјалом, а са сваким ишчезавањем тих утицаја, одн. са повлачењем ледника настаје оживљавање ерозивне снаге. Одговарајући

*) Уз то треба да се напомене да је неправилно схватање да падови утичу на снагу воденог тока са квадратом своје величине. Снага, одн. енергија воденог тока зависи од протицаја и квадрата брзине, а однос између брзине и пада је $v = C \sqrt{RI}$ (где је v брзина, C коефицијент трења, R хидраулични радијус и I пад). Дакле, при истим осталим условима снага воденог тока не зависи од другог већ од првог степена величине пада.

висинама појединих бедема, ерозивни усеци а потом и шљунконите терасе изграђене у сваком ерозивном усеку дивергирају према терминалном басену, тј. оне су данас, после ишчезавања ледника из басена управљене нагоре, у ваздух (13, 101). Затим Еберл не сматра као А. Пенк да се бочна ерозија вршила са засипањем за време глацијалних доба, већ са усецањем за време интерглацијалних доба (13, 103).

На то Еберлово схватање могу се ставити ове примедбе:

1) Он као и А. Пенк оштро одваја глацијална и интерглацијална доба и за њих везује процесе засипања одн. усецања долина, што није оправдано.

2) Са својом горњом ерозивном базом он за те процесе узима само терет као фактор, а не и протицај.

3) Засипање и усецање је констатовано и у периглацијалним долинама, у којима није било ледника, па према томе ни њиховог утицаја, нити горње ерозивне базе.

Ј. Бидел је нарочито проучавао утицај колебања плеистоцене климе на ерозивне процесе у периглацијалним областима које нису биле захваћене ледницима. Полазећи од запажања да облици који су створени за време последњег глацијалног доба нису битно измењени постглацијалним ерозивним процесима, Бидел, као што је речено, сматра да је клима за време глацијалних доба у периглацијалним областима била хладнија и влажнија. Због тога он узима да је за време тих доба било јаче доношење материјала, али и његово савлађивање од битно повећаног протицаја и да је с тим у вези било и јаче усецање долина. При томе он узима да за стварање долина није од битног значаја укупна количина протицаја, већ искључиво степен његове концентрације на одређена геоморфолошки активна доба, тј. на летња доба, када се вршило отапање снега (18, 497—499).

На ово схватање се могу ставити ове примедбе:

1. Глацијална или боље речено плеистоцена хладнија доба нису могла, из напред наведених разлога, бити влажнија од топлијих, већ су напротив била сувља.

2. Већи летњи протицај има несумњиво већу ерозивну снагу него мањи зимски; али, као што је изнето на другом месту (23, 45), он не мора бити и најефикаснији протицај за изграђивање уздужног речног профила и за усецање речних долина. За усецање долина, односно њихово засипање су од већег значаја дуготрајне промене укупног протицаја.

И. Шефер се такође бавио проблемом утицаја промена плеистоцене климе на речну ерозију и при томе је дао једно оригинално схватање (14). По њему усецање долина се вршило за време раног глацијала, а засипање за време позног глацијала, док се за време интерглацијалног доба уопште нису вршиле неке осетније промене. То схватање Шефер заснива на следећем. Ослањајући се на Мајнардуово мишљење да испаравање и падавине не зависе толико од температуре, већ више од брзине ветра и ваздушне циркулације, он прихвата гледиште да је за време глацијалних доба клима била хладнија и влажнија, а за време интерглацијалних топлија и сувља (14, 70). При томе је протицај у глацијалним и периглацијалним областима за време глацијалних доба

био у лето веома јак, а за време зиме слаб. Даље за време глацијалних доба је вегетација била слабија а распадање стена јаче. Због тога Шефер узима да се у глацијалном добу повећавао протицај, али и денадациони материјал. У почетку је повећани протицај могао да преноси повећан материјал и да корозијом усеца долину, доцније у одмаклијој фази глацијалног развоја променио се однос: материјал је постао већи и наступило је његово таложење (14, 73).

На ово Шеферово схватање могу се ставити ове примедбе:

1) Основни фактор за испаравање воде је неоспорно температура, а циркулација ваздуха је само модификатор. Уз то је велико питање да ли је циркулација у хладнијем и гушћем ваздуху заиста већа него у топлијем и ређем. Због тога је неоправдано мишљење да је клима за време глацијалних доба била влажнија него за време интергласијалних доба.

2) Што се тиче утицаја повећаног летњег протицаја в. примедбу на Биделово схватање.

3) Сасвим је спорно да ли би однос између повећаног протицаја и умањене вегетације са појачаним распадањем стена за време хладније и „влажније“ глацијалне климе, како узима Шефер, био неповољнији него за време топлије и сувље интергласијалне климе. Међутим он је несумњиво неповољнији за време хладније и сувље климе при плестоценом снижавању температуре него за време топлије и влажније климе при повишавању температуре.

4) Шефер у свом разматрању није узео у обзир утицај ретензије воденог талоба на протицај у области глацијално-нивалног режима за време снижавања температуре, односно отапање снежне акумулације за време повишења температуре. Међутим тај је утицај нарочито јак.

5) И Шефер је утицај промене плестоцене климе на речну ерозију посматрао са становишта шаржистичке теорије о изграђивању уздужних речних профила.

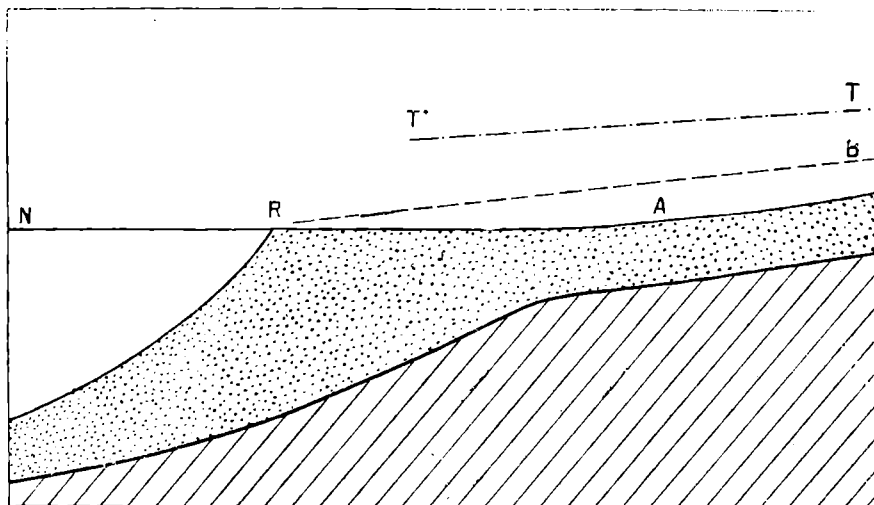
А. Болиг се такође бавио проблемом утицаја колебања плестоцене климе на речну ерозију, само више са теориске стране, полазећи при томе од своје теорије о равнотежном профилу (15, 17). Он је при том унео у тај проблем и једну значајну новину. Наиме, узео је у разматрање и утицај глациоевстатичких покрета морског нивоа на изграђивање уздужних речних профила и речних долина.

Болиг износи да се утицај промена плестоцене климе на речни профил испољава двојачко: променом режима речног тока и глациоевстатичким покретима (16, 118).

Са колебањем режима воденог тока јавља се наизменично засипање и усецање у речним долинама и стварају се *климајске терасе*. Тај процес у пједмонтским деловима планина, које су потпале под глацијално нивални режим, Болиг посматра са Троловог становишта (15, 75), а у перигласијалним областима са Биделовог становишта (15, 79, 80), узимајући при том да је у глацијално нивалним областима протицај био јачи за време надирања ледника (15, 78) а у перигласијалним областима за време глацијалних доба (16, 119).

Гласиоевстатичко колебање морског нивоа такође изазива усецање и засипање у низводном делу долине и тиме се стварају *евстајичке*

шерасе. Болиг износи да негативно померање морског нивоа, за време глацијалних доба, изазива по правилу усецање низводног дела долине до извесног удаљења до ушћа. Међутим позитивно померање нивоа, за време интерглацијалних доба, изазива ингресију у низводни део долине до извесног дела од ушћа, деласто засипање тог дела и стварање врло малог пада на том делу. Услед тога се између низводног и узводног дела ствара конкавни прегиб, који тежи да се при дуже стабилној доњој бази укине, благодарећи активној седиментацији која се развија и узводно и низводно. Речни профил се дакле прилагођава бази благодарећи извесном засипању (ск. 5). Тако су створени стари профили прег-



Ск. 5. — А. Болигов приказ ефекта наизменичног усецања и засипања при ушћу веће реке. 1о Ако је завршено позитивно померање : N ниво мора; R, ушће реке; RA уздужни профил са преломом код А; засипање означено тачкицама.

2о Ако се предвиђа максимално засипање, а ушће R се не помера, профил RB ће бити регуларизован и осетно паралелан са терасом TT'; ако пак ушће напредује RB ће се издићи, у противном ће се спустити.

стављени терасама (15, 88). Завршно засипање сваке терасе је дакле интерглацијално (15, 89).

Затим Болиг износи да се под извесним условима могу јавити јединствене терасе које су створене комбинованим утицајем промене режима и глациоевстатичког померања базе. То су *климајско-евстајичке шерасе*. Оне се стварају на следећи начин: „ . . . за време надирања ледника профил се на узводном делу издиже а на низводном спушта, у глацијалном максимуму, ако су прелазни терени мало отпорни, он ће бити регуларизован од једног до другог краја са јако повећаном дебелином наноса на узводном делу, малом или никаквом на низводном, за време деглацијације профил ће се спустити на узводном делу издижући се на низводном и на крају те фазе, он ће бити поново регуларизован, ерозијом с једне, засипањем с друге стране, тако да ће сећи глацијални

профил. Но пошто се морски ниво није попео до претходног положаја, нови профил ће остати испод претходног интергласијалног профила“ (5, 91). Болиг наводи да су на тај начин израђени уздужни профили Диранса и Неретве.

Међутим Болиг износи да се код неких река није спојио низводни глациоевстатички утицај са узводним утицајем промене режима. У таквим долинама се јавља један средњи део са сталним усецањем. Том типу припада Гарона.

А. Болиг сасвим исправно поставља проблем кад узима да се утицај колебања плеистоцене климе на речну ерозију испољава преко промене режима код водених токова и преко глациосветатичких колебања морског нивоа. Међутим у погледу његовог даљег извођења могу се ставити неке примедбе.

А. Болиг, а као што смо видели и неки други аутори, посматра утицај промена плеистоцене климе на речну ерозију са становишта своје теорије о равнотежном профилу. Већ је раније говорено о slabим странама те теорије (23), а овом приликом ће се указати и на неке нове моменте у вези са конкретним проблемом.

Као што је познато, по теорији о равнотежном профилу изграђивање уздужних речних профила зависи од односа између снаге (протицај — брзина) и терета (маса и калибар материјала) и тежње да се те две силе уравнотеже. Ако се пак те две силе мењају мења се и сам профил.

Полазећи од те основе Болиг сматра да је за време надирања ледника протицај постојао већи, а терет још већи и да се због тога вршило насипање климатских тераса. За време повлачења ледника протицај је био мањи, а терет још мањи и због тога се вршило усецање тих тераса.

Што се тиче протицаја, никако се не може узети да је он за време надирање ледника био јачи а за време повлачења мањи. То се не слаже не само са изнетим стањем климе за време тих доба, већ још више са стањем протицаја; јер нису узети у обзир ни ретензија воденог талога за време надирања ледника, нити пак отапање ледника приликом њиховог повлачења.

Схватање о терету је у основи правилно; јер је он заиста у раном глацијалу, за време надирања ледника, био већи, а у позном глацијалу, за време повлачење ледника, мањи. Али је сасвим проблематично тврђење да је терет у првом добу био већи од „повећаног“ протицаја, а у другом добу релативно мањи од „смањеног“ протицаја. То је само натегнута и произвољна конструкција да би се процес засипања и усецања долина објаснио са становишта теорије о равнотежном профилу.

Болиг даље сматра да повећање терета долази од ледника и да због тога акумулација почиње у горњем делу тока, на „климатској тераси“, па се помера низводно, при чему само изузетно доспева до евстатичке терасе.

Такво објашњење механизма засипања речних долина је јако упрошћено и није исправно. Прво, ледници не носе само крупан материјал, који се, разуме се, мора таложити у почетку, већ доноси и ситнији материјал који се може преносити и таложити фракционално и низводно.

Друго, водени токови не добијају повећани терет само од ледника него и од појачаног распадање стена у низводном делу свог слива. Тај материјал се такође таложи и изазива насипање климатске терасе. То показују климатске терасе у периглацијалним долинама, у које ледници нису силазили.

Поставља се питање да ли се равнотежни профил може остварити у условима климе појединих плеистоцених доба? То се питање поставља нарочито због тога што у овом случају постоје најповољнији услови да се по теорији о равнотежном профилу тај профил оствари. Наиме, водени ток већ у свом почетку прима велики терет са стране.

За време надирања ледника, разумљиво, равнотежни профил се не може оставарити, јер се тада стално мењају услови.

За време пуног глацијала, кад се јаве стационарни ледници, требало би да се јаве најповољнији услови. Међутим и за то време се не може остварити равнотежни профил, јер се са низводне стране усеца профил под утицајем глациосветачички спуштене доње ерозивне базе, а са узводне стране се усеца леднички валов и тиме се смањује терет.

За време позног глацијала ледници се повлаче и због тога, разумљиво, такође не може да се оствари равнотежни профил.

За време пуног интергласијала, кад се стабилизује клима, с једне стране се мења денудација у речном сливу и са њом терет, а с друге стране се узводно помера утицај глациосветачког поремећаја доње ерозивне базе. А под таквим условима се такође не може остварити замишљени равнотежни профил.

Л. Тревизан (27) попут неких других аутора не дели плеистоцене климатске циклусе на глацијална и интергласијална доба; већ их са М. Тонђорђијем рапчлањава на *анагласијалне* и *кайагласијалне* фазе. При томе узима да свака анагласијална фаза почиње од максимума интергласијала и завршава се са максимумом глацијала, а одликује се мање топлим летом, нешто топлијом зимом, нижом средњом годишњом температуром и повећањем падавина — што је по њему одлика „океанитета“. Катагласијална фаза почиње са максимумом глацијала и завршава се са максимумом интергласијала, па се одликује топлијим летом, нешто хладнијом зимом, вишом средњом годишњом температуром и смањеним падавинама — што је одлика „континенталитета“.

Под утицајем таквих климатских промена изграђују се *климајске* и *евстајичке терасе*. Изграђивање климатских тераса Тревизан објашњава доводећи у везу претходно своје схватање о променама плеистоцене климе са Пенковим схватањем о изграђивању нормалне криве пада. Наиме, он сматра да Пенкова неутрална тачка на уздужном профилу (од које се низводно врши акумулација а узводно ерозија) претставља *климајску границу таложења* — слично као што снежна граница претставља „равнотежу између снежне акумулације и аблације“. За време анагласијалне фазе (влажнија клима и већи протицај) климатска граница таложења се помера узводно и због тога се низводно од ње врши у долини акумулација. Орнуто, за време катагласијалне фазе (сувља клима и мањи протицај) климатска граница таложења се помера низводно и због тога се на узводном делу врши уседање речног корита у претходну акумулацију. Према томе изграђивање климатских тераса на-

стаје услед узводног и низводног померања неутралне тачке на уздужном профилу, при чему тераса почиње да се усеца на узводном делу па се помера према ушћу.

Изграђивање евстатичких тераса настаје услед спуштања доње ерозионе базе за време анагласијалне фазе и издизања за време катагласијалне, под условом да нема јаког хоризонталног померања ушћа. Управо, за време анагласијалне фазе се при ушћу врши усецање а узводно акумулација. Услед тога се између усецања и акумулације налази друга *инверсна неутрална тачка*. Она се помера узводно.

Тревизан сматра да изграђивање плеистоцених тераса у речним долинама у основи зависи од односа неутралних тачака на уздужном профилу.

На горње схватање могу се ставити ове примедбе:

1. Исправно је што Тревизан колебање плеистоцене климе не дели на гласијална и интергласијална доба, али се може приметити да он те фазе ипак означаје према гласијацији; боље би било да их је означио према температури.

2. Није исправно што је плеистоцене климатске фазе ставио у везу са океанитетом и континенталитетом, јер их тиме своди на промену у распореду копна и мора;

3. Није исправно схватање да је клима за време „анагласијалне фазе“ била влажнија и да је протицај био јачи него за време „катагласијалне фазе“; утолико више што се тиме искључује чак и утицај отапања ледника на протицај;

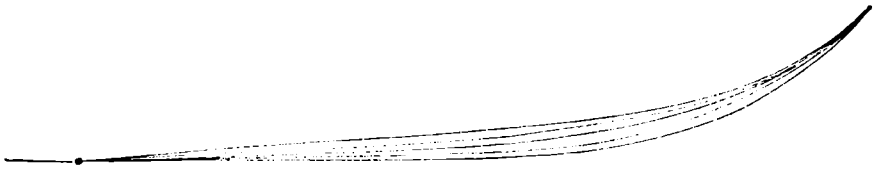
4. Није исправно што процес ерозије и акумулације и изграђивање плеистоцених тераса посматра са становишта Пенковог схватања о регресионом изграђивању уздужног речног профила.

Из претходног излагања се види да постоје веома различита схватања о утицају промене плеистоцене климе на речну ерозију и различита објашњења те ерозије, али ниједно од тих схватања и објашњења не може да задовољи. По нашем мишљењу то долази или због погрешног схватања самих фактора, у првом реду протицаја, или због примене погрешних теорија о изграђивању уздужних речних профила и о речној ерозији уопште. Покушајмо да тај проблем размотримо и са нашег становишта сагласне ерозије.

Утицај колебања плеистоцене климе на речну ерозију по схватању сагласне ерозије. — Изграђивање уздужних речних профила према нашем схватању о сагласној ерозији изнето је на другим местима (22, 23). Овом приликом ће се само напоменути да се при стабилним основним условима за речну ерозију (стабилност земљине коре и климе) изграђивање уздужних профила по том схватању врши под узајамним утицајима: *снаге* (протицај — брзина) на појединим падовима; *извршене ерозије на узводним падовима*, који низводним падовима предају свој материјал за даљи пренос и тиме смањују њихову снагу, и *извршене ерозије на низводним падовима*, који потсецају узводне падове и тиме повећавају њихову снагу. Тежња је тих узајамних утицаја да се прво сагласе међу собом суседним падовима; затим да се сагласе сви падови на уздужном профилу; а потом да се профил, формиран таквом интегралном сагласном ерозијом, постепено спушта према свом *завршном профилу*, на коме пре-

стаје свака ерозија и пренос материјала, а облик му зависи само од протицаја, отпорности стена у подлози и облика овлаженог профила. При спуштању профила са сагласним падовима, висина му се смањује пропорционално висинама његовог завршног профила. Због тога је облик профила са интегрално саглашеним падовима саобразан са обликом завршног профила и због тога је и назват *саобразни њрофил*. Висина саобразног профила изнад завршног профила претставља *потенцијалну ерозивну* енергију воденог тока. Интензитет ерозија на сваком профилу зависи од његове потенцијалне ерозивне енергије: уколико је она већа утолико је ерозија јача и у толико се саобразни профил јаче сцушта, усеца.

Ако се измене основни услови под којима се врши сагласна ерозија и изграђивање и спуштање саобразног профила јавиће се тежња да се они прилагоде тим новим условима. Због тога се положај и облик новог саобразног профила мења у односу на ранији. Као што је напо-



Ск. 6. — Саображавање уздужног речног њрофила њрема смањеном њроицају.

менуто, у те услове спада и клима. Она утиче на протицај и на терет водених токова, а и на ниво водених басена. Пошто све те појаве са своје стране утичу на сагласну ерозију, то клима преко њих врши и свој утицај. Са променом климе мења се и тај утицај. Он се испољава на следећи начин.

Проицај је главни фактор речне ерозије, он је управо њен агенс. Он утиче на снагу воденог тока, па према томе одређује и облик његовог завршног профила. Уколико је *њроицај* већи утолико је, под истим осталим условима, *завршни њрофил* нижи и мање *конкаван*; уколико је пак протицај мањи, утолико је *завршни њрофил* виши и *конкавнији* (22, 143). Исто тако протицај треба да утиче и на облик саобразног профила. И заиста, испитивањем уздужних профила Вардара, Мораве, Тимока (22) и Соче (25) помоћу генетске анализе утврђено је да су њихови облици за 85—88% сагласни са са њиховим протицајем.

Кад се мења протицај мења се и висина и облик завршног профила, а тиме се мења и потенцијална ерозивна енергија ранијег саобразног профила. Због тога се мора променити и тај профил.

Ако се протицај смањи, онда под истим осталим условима, завршни профил мора бити виши и конкавнији тј. његови узводни падови треба да су релативно повећани. Услед тога се потенцијална ерозивна енергија саобразног профила мења, она постаје уопште мања, а узводно још и мања. Због тога се ерозија сагласно смањеном протицају и ерозивној снази на том профилу смањује, нарочито на узводним падовима. Мања

ерозија даје мање еродираниг материјала низводним падовима. Услед тога се на њима јавља нешто повећана ерозија у односу на узводне падове, а она потсеца те падове и тако их још више повећава (ск. б). На тај начин се новоформирани саобразни профил спорије спушта него претходни и уз то је од њега конкавнији. Ако је протицај јако смањен, онда се на узводним падовима јавља акумулација; они се издижу и на тај начин се саображавају.

Обрнуто ако се протицај *повећа*, смањиће се висина и конкавност завршног профила, а повећаће се потенцијална ерозивна енергија саобразног профила, нарочито на узводним падовима. Због тога се ерозија на том профили повећава сагласно повећаном протицају и ерозивној снази; нарочито на узводним падовима. Они дају више материјала низводним падовима и због тога смањују на њима ерозију, а с њом и релативно потсецање узводних падова. Тиме новоформирани саобразни профил постаје мање конкаван, а уз то се брже спушта него ранији. Ако је пак протицај јако повећан, онда се јако повећани еродовани материјал са узводног дела профила талози на средњем делу и профил се саображава на тај начин.

Терет је узјамно везани фактор речне ерозије. Он се ствара самом ерозијом — еродирани материјал — и денудацијом — денудовани материјал. При чему денудовани материјал такође зависи од ерозије, јер је уздужни профил доња денудациона база.

Терет не утиче на завршни профил, јер на њему нема ни ерозије, ни преноса терета; али утиче на сагласну ерозију и на саобразни профил, јер смањује снагу воденог тока на низводним падовима — која је одређена њиховим протицајем и величином. Већи терет више смањује снагу и тиме оставља мању ерозивну снагу, условљава мању ерозију, слабије усецање воденог тока, одн. мање спуштање саобразног профила. Мањи терет мање смањује снагу и остаје више ерозивне снаге која врши јачу ерозију и изазива јаче усецање тока и спуштање саобразног профила. При томе су ти утицаји *ћивремени*, јер се са смањивањем ерозије под већим теретом смањује и еродирани материјал, а уз то се мање спушта саобразни профил и мање се спушта доња денудациона база (што изазива смањивање и денудованог материјала). Обрнуто, повећана ерозија, услед мањег терета, изазива веће стварање и еродираниг и денудованог материјала, тиме и повећање самог терета. При томе повећање денудованог материјала иде за извесно време на рачун смањивања еродираниг, а повећање еродираниг компензира за извесно време смањени денудовани материјал. Под свим тим условима не мења се облик саобразног профила, већ се само умањује или повећава његово спуштање према завршном профили.

Али, у извесним случајевима може се, независно од сагласног ерозивно-денудационог процеса, променити јаче денудација, а са њом и терет воденог тока. То изазива промене и код сагласне ерозије и код саобразног профила.

Узмимо да је денудација постала интензивнија и да је *ћерет* тиме *ћосћао већи*. Шта ће се десити? Прво, један део његовог повећања ће ићи на рачун еродираниг материјала до његове доње границе. Друго, један део његовог повећања ће ићи и на рачун ерозивне снаге, која је

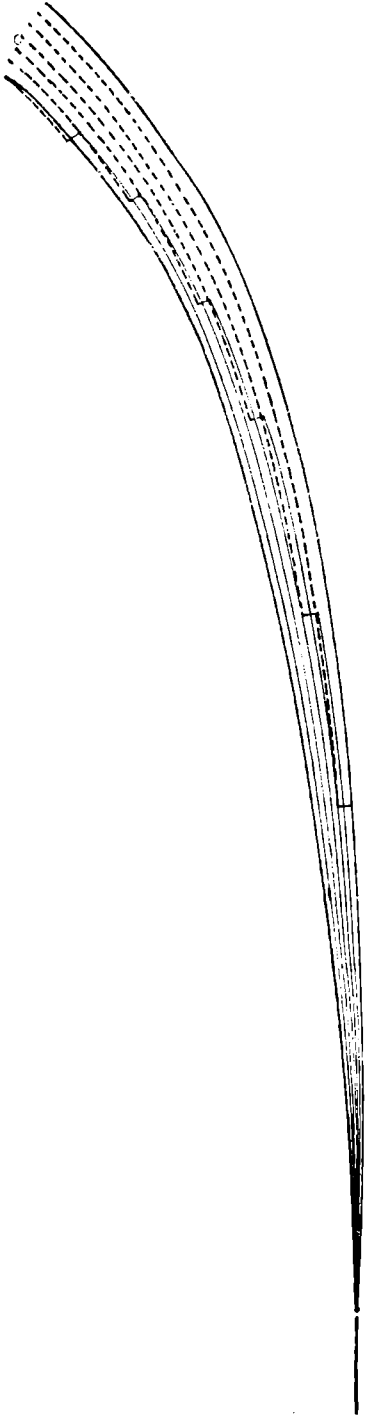
стварала тај ерозивни материјал, и то до њене доње границе. Ако је денудовани материјал повећан само до тих граница, водени ток ће га преносити, а неће имати снаге за ерозију.

Али ако је денудовани материјал већи, шта ће бити у том случају? Разумљиво да се мора таложити, само како? На то питање се може одговорити следећим резоновањем. Наиме, низводни падови су раније преносили сав узводни денудовани и еродирани материјал и при томе су вршили ерозију. Сада они сву своју снагу употребљују само за пренос денудованог материјала, али не са целог тока, него само са извесног низводног дела, тј. од једне критичне тачке од које они примају толико денудованог материјала колико максимално могу да преносе. Од те критичне тачке низводно престаје ерозија, а узводно се непосредно дуж профила таложи сав денудовани материјал који доспе у водени ток. Услед тога се тај део профила мање више подједнако издиже. Таквим издизањем требало би да се код критичне тачке створи отсек. Међутим он не може да постоји већ се изравнава на тај начин што се материјал са њега односи и таложи низводно од критичне тачке. Таквим таложењем се повећавају падови низводно од критичне тачке, а исто тако се ствара већи пад и непосредно изнад критичне тачке. Преко тако повећаних падова може се сада преносити денудовани материјал који доспе у водени ток и непосредно изнад критичне тачке, али не и узводнији. Због тога се критична тачка помера уз профил. Узводно од ње се и даље непосредно таложи материјал и профил се и даље подједнако издиже. Услед тога би требало да се такође створи отсек изнад критичне тачке; али и он се регулише на исти начин: таложењем на низводном делу и стварањем већег пада на непосредном узводном сектору. Критична тачка се тиме помера даље узводно, а са њом и даље подједнако таложење на узводном профилу. Оно изазива ново померање критичне тачке и тако даље све док она не доспе до изворишта и док се таквим њеним померањем не створе на целом профилу тако повећани падови да они могу да преносе цео повећани денудовани материјал. Тиме је већ створен нов саобразни профил, који се налази изнад ранијег саобразног профила и који у ствари претставља само прву етапу у његовом новом развоју (ск. 7).

Међутим тај процес се у знатној мери убрзава тиме што се с једне стране акумулацијом и издизањем профила издиже и денудациона база, а с друге стране што се са денудовањем материјала смањују нагиби. Оба та процеса смањују денудацију, а тим самим и количину денудованог материјала.

Денудација слаби и после стварања саобразног профила. Он тиме почиње да добија мањи терет, а услед тога се на њему јавља сагласна ерозија која почиње да смањује његове падове и да га спушта. При том спуштању она се усеца у акумулирани материјал, с тежњом да дође у стадијум развоја претходног саобразног профила и да се с њим поклопи, а затим да продужи даље спуштање.

Утицај изузетног смањења денудованог материјала на саобразни профил је једноставнији. Са њим се повећава ерозивна снага, врши се живља ерозија, повећава се еродирани материјал и тиме се ранији саобразни профил само јаче спушта, усеца. Али са јачим усецањем



спушта се доња денудациона база, појачава се денудација и денудовани материјал и тиме се успорава његово живље усецање.

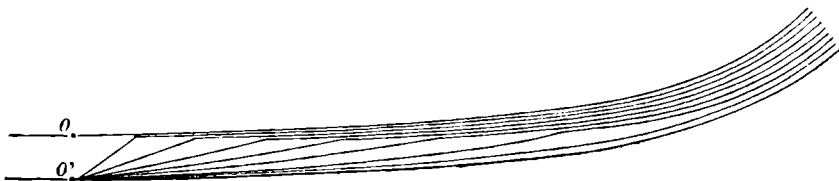
Према томе *ѝромена ѝерейѝа уѝиче на ѝромену саобразног ѝрофила, само уѝолико ѝѝио га ѝѝри ѝовећану денудације враћа у неку ѝреѝходну фазу, а ѝѝри смањену денудације изазива живље сѝуѝиѝање*. Али и у једном и у другом случају тај утицај је *ѝривремен*, јер се тиме сагласна ерозија и саобразни профил само прилагођавају промењеном терету да би после тога продужиле свој даљи развој.

Ниво водених басена је доња ерозивна база за коју је везан и саобразни и завршни профил. Он према томе одређује њихов *висински ѝоложај*. Са померањем нивоа помера се само висински положај завршног профила, док раније изграђен саобразни профил остаје на свом месту. Тиме је однос између њих поремећен, па је потребно да се *ранији* саобразни профил измени и створи нов. Како се то постиже?

Кад се ниво доње ерозивне базе *сѝуѝиѝи*, спушта се са њим и завршни профил, али он под истим осталим условима и под претпоставком да му се не мења хоризонтални положај ушћа — остаје исти. На старом саобразном профилу се при ушћу јавља врло велики пад — отсек. Он је на том месту постао дакле несагласан — са много већом ерозивном снагом. Због тога се на њему, да би се сагласио, јавља интензивна ерозија, усецање. Он потсеца следећи узводни пад, који тиме такође постаје несагласан, па се и на њему јавља јача ерозија. Јачом ерозијом се ствара велики ерозивни материја, који се предаје низводном паду и тиме ограничава његово пуно смањивање. Други пад потсеца трећи и на њему

Ск. 7. — Саобразивање уздужног речног ѝрофила ѝрема ѝовећаном ѝерейѝу.

изазива ерозију и ерозивни материјал; он се додаје материјалу на другом и првом паду и тиме такође ограничава њихово спуштање. И тако редом узводно све док започето усецање при ушћу не доспе до изворишта. Тада је сворен нов саобразни профил који је саображен завршеном профили и старом саобразном профили (ск. 8). Затим се нови саобразни



Ск. 8. — Саобразивање уздужног речног профила према спуштеној доњој ерозивној бази (без хоризонталног померања ушћа).

профил спушта даље с тежњом да постане паралелан са старим, а потом да продужи спуштање приближавајући се завршном профили.

Ако се пак при спуштању нивоа воденог басена *ушће реке ѿмери* и у *хоризонтиали*, онда се завршни профил продужује и при томе се његов стари део издиже у нешто виши ниво него у претходном случају — за висину продуженог дела (24). У том случају саглашавање и изграђивање новог саобразног профила почиње од новог ушћа.

При *издизању* нивоа море улази у долине река које се у њега уливају. Тиме скраћује њихов ток. Са скраћивањем тока скраћују се његов завршни профил и издиже у већу висину, али се на скраћеном делу не мења облик. Због тога је заостали део саобразног профила и даље саобразан са својим завршним профилом. Њихов однос је тиме остао исти, само ће укупно усецање тог дела саобразног профила бити мање због издизања доње ерозивне базе и завршног профила.

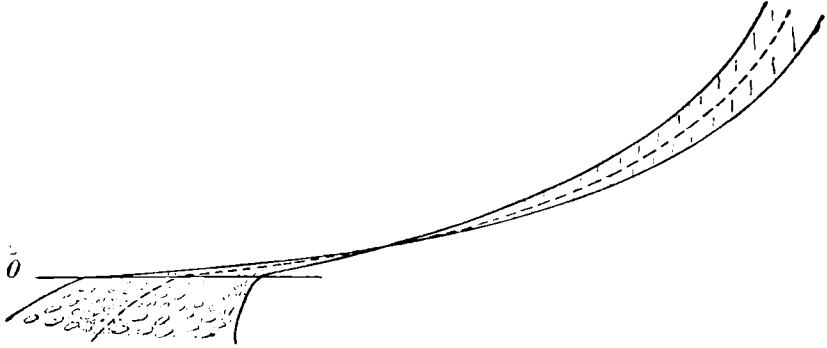
При томе се може десити да водени ток засипа потољени део долине и да у њој створи делту. У том случају водени ток се продужује. Са њим се продужује и завршни профил; при чему се његов претходни део издиже за висину продуженог дела.

Исто тако се продужује и саобразни профил. Продужени део на делти има мањи пад и због тога није сагласан са осталим делом. На њему се јавља прелом, на који је указао и А. Болиг. Он се саглашава не само тиме што се тај део са суседним делом саобразног профила издиже акумулацијом, као што узима А. Болиг, него што се и остали узводни део даље усеца (ск. 9). Кад се та два дела сагласе онда се формира саобразни профил, који се даље нормално развија.

Све напред изнете промене у изграђивању уздужних саобразних профила под утицајем промена појединих фактора, изазваним променама климе, утичу и на изграђивање речних долина, а преко њих и на цео флувијално денудациони процес у басену речног слива.

Што се тиче самог *изграђивања речних долина*, оно зависи, као што је познато, од вертикалне и бочне ерозије. Вертикална ерозија се испољава у спуштању, усецању саобразног профила, а бочна у померању речног корита и у денудацији долинских страна. Те две ерозије и та

два процеса су везана међусобним утицајима у условљавањима, јер уздужни профил претставља доњу базу денудације, а денудација даје уздужном профилу свој материјал, преко кога утиче на његову сагласну ерозију. При томе вертикална ерозија, одн. усецање саобразног профила претходи бочној ерозији. Ако је потенцијална ерозивна енергија саобразног профила велика, његово усецање је живо, вертикална ерозија



Ск. 9. — Шематски приказ саображавања уздужног речног профила према делтастим акумулацији испред ушћа.

јако напредује, али не преко извесне границе. Управо не толико да изазива тако јаку денудацију и толико повећање терета да би он зауставио ерозију. Ако се ипак то деси, ерозија ће се зауставити док се не смањи денудациони материјал, па ће се затим продужити. Обрнуто, спуштање саобразног профила, а са њим и вертикална ерозија се јако успоравају приближујући се завршном профилу. Тада денудација и бочна ерозија постају слободније, али и оне не могу прећи извесну границу и изазвати акумулацију у речној долини. Ако се то деси онда се, као што смо изнели, уздужни профил издиже, док не ослаби денудација, па се поново усеца.

Према томе свако успорено спуштање саобразног профила или његово издизање, изазвано променама неког од напред изнетих фактора, даје бочној ерозији могућност да шири дно речне долине, а свако живље спуштање изазива усецање долине и стварање речне терасе.

Напред је показано да су колебања плеистоцене климе различито утицале на промене појединих ерозивних фактора: на протицај и терет водених токова и на ниво водених басена. А они су као такви здружено утицали на сагласну ерозију и на изграђивање саобразних профила, а у вези с тим и на изграђивање речних долина током плеистоцена. Прегледајмо те утицаје.

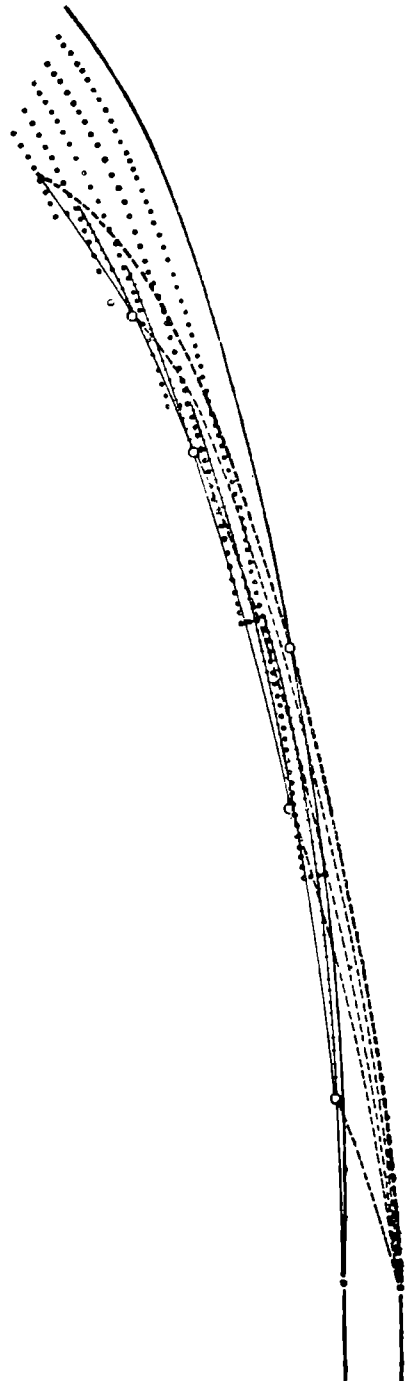
При првом плеистоценом снижавању шемперишуре јављају се према претходном излагању ове промене: протицај у воденим токовима се смањује, денудација се по правилу повећава, ниво мора и оних ендорейчних басена који су под утицајем глацијалног режима се спушта. Таква

промена фактора изазива следеће промене на затеченом саобразном профилу и у затеченој долини.

Са смањивање протицаја облик завршног профила се мења, он постаје виши и конкавнији. Саобразни профил је због тога добио уопште мању потенцијалну ерозивну енергију, с тим што се она узводно јаче смањује. У вези с тим би требало да се ерозија на њему успори, и то јаче на узводном делу. Међутим због појачане денудације и повећаног терета зауставља се и та успорена ерозија, а на узводном делу се врши и акумулација на изнети начин. Тиме се остварује конкавност профила која одговара смањеном протицају.

Међутим под утицајем снижавања нивоа завршни профил одређен протицајем се спушта у нижи висински положај. При ушћу се јавља жива ерозија и усецање новог профила у дно долине. Услед тога почињу да се изграђују два нова саобразна профила. Први узводни, који се изграђује на претходном саобразном профилу акумулацијом почев од критичне тачке. Он није везан за доњу ерозивну базу и због тога је *некоординиран*. Други низводни, који се усеца почев од ушћа узводно. Он је везан за доњу ерозивну базу и због тога је *координиран*.

За све време снижавања температуре се с једне стране појачава акумулација на узводном делу, а с друге стране се при ушћу појачава усецање долине које се шири узводно. При усецању водени ток захвата акумулациони део и тиме с једне стране односи његов материјал и спречава



Ск. 10. — Шематски приказ синтетичног саображавања уздужног речног профила према смањеном протицају, повећаном ширењу и спуштеној доњој ерозивној бази за време снижавања температуре.*)

*) Висине код свих шематских скица су јако повећане.

акумулацију на том делу, а с друге стране тим материјалом ограничава своје усецање (ск. 10). Због тога се сагласна ерозија стално мења и на некоординираном и на координираном профилу и није у стању да их саобрази.

Тек кад се у *јуном глацијалу* заустави и устали снижавање температуре, настаје систематско саглашавање и некоординираног акумулационог и координираног ерозивног профила. Оно је убрзано, јер је припремано већ у току снижавања температуре. При томе саображавање координираног ерозивног профила се врши на рачун некоординираног акумулативног; утолико пре што се са стабилизацијом климе и издицањем акумулативног профила денудација и денудирани терет смањују.

Ако стабилизована клима дуже потраје, координирани профил ће допрети до краја воденог тока и саобразиће се, а некоординирани акумулативни профил ће се као несаображен укинути. Нов саобразни профил је укрштен са старим саобразним профилем, а усечен у некоординирани акумулативни профил. Ако стабилност климе траје и дуже, нови саобразни профил ће почети да се спушта према свом завршном профилу.

Све те промене на уздужном речном профилу изазивају промене и у речној долини. Са акумулацијом на узводном делу настаје засипање раније долине, ширење њеног дна и смањивање нагиба њених страна. Низводно усецање профила се врши у дно раније долине и у акумулацију на њему. Тиме се усеца нова долина, а изнад ње се ствара тераса. Како се узводно усецање врши у акумулирани материјал, то је тераса шљунковита. Њен шљунковити покривач је узводно све дебљи. Ниво терасе нема обележје саобразног профила, а дно долине има.

То је општи и основни процес; али он се модификује под утицајем разлика у хидролошким режимима.

Тако у новоствореним периглацијалним областима акумулација је већа због релативно већег терета. Због тога је некоординирани акумулативни профил виши, а узводно усецање координираног профила је због повећаног терета мање.

У новоствореним областима глацијално-нивалног режима јављају се у извршним деловима долина ледници који надиру. Они с једне стране скраћују водене токове и јако смањују њихов протицај, а с друге стране доносе повећану количину денудованог и еродираниог материјала и тиме повећавају терет. Због тога се у извршном делу јавља велика акумулација. Са надирањем ледника тај се утицај низводно све даље помера и повећава.

Са стабилизацијом климе ледници се заустављају. Тиме се зауставља повећавање ретензије воденог талога, смањује се повећање ледничке ерозије, изазвано ранијим њиховим надирањем. Због тога водени токови добијају нешто повећани протицај и нешто смањени терет. Уз то је висина акумулације ограничена нивоом површине ледника; утолико више што се он услед ледничке ерозије и спуштања дна валова снижава. Тим ограничењем се унеколико смањује терет у воденим токовима, а с друге стране се изазива ширење чеоних морена.

У речној долини се пак на узводном делу јавља веома јако засипање и стварање шљунковитих заравни, изазвано бочним померањем и рачва-

њем воденог тока, као што је то истакао А. Пенк. Засишање појми од горње ивице чеоних морена и све се више смањује низводно. Тај нанос је с низводне стране засечен новом долином и претворен у флувио-гласијалну терасу, чија се релативна висина узводно смањује.

У ендоречним областима изван гласијално-нивалног режима протицај у воденим токовима се такође смањује, терет се повећава, али ниво водених басена се издиже. Због тога се ново саглашавање на уздужном делу ранијих саобразних профила врши акумулацијом и издизањем, а на низводном делу вода улази у долине и потапа их. Уздужни профили се тиме скраћују; али то ништа не утиче на њихову узводну акумулацију. Према томе у овом случају постоји само акумулативни профил, који се везује за доњу ерозивну базу, па је због тога кординиран.

Са наступањем стабилне климе акумулација се продужује и доста брзо ствара саобразни профил. Он се налази изнад старог саобразног профила. Тако формиран саобразни профил се затим спушта и усеца у акумулацију којом је засута речна долина. Због тога у долини почиње да се јавља тераса. При томе се материјал преноси и таложи у потопљени део долине. Он се може засути и тиме померити ушће. То ће изазвати ново саглашавање профила акумулацијом на низводном делу и саобразним усецањем на узводном делу.

У ранијим аридним областима, које су због снижавања температуре претворене у плувијалне, јављају се нови токови. Они формирају своје саобразне профиле према терету и протицају. Ти профили се затим спуштају и тиме се долина усеца.

Настаје следеће *илеистоцено* доба у коме се *температура* *повишава*. Она мења услове речне ерозије у обрнутом смислу: протицај код водених токова постепено расте, денудација а са њом и терет слабе, док се ниво мора и ендоречних басена који стоје под утицајем гласијално-нивалног режима диже. То изазива следеће промене у раније саглашеној ерозији и на саображеним профилима.

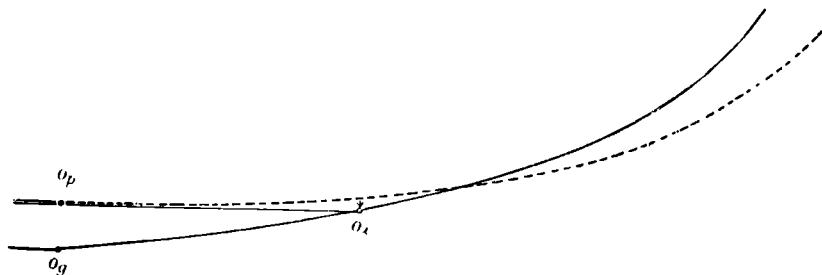
Са повећавањем протицаја одговарајући завршни профил треба да је нижи и мање конкаван. Због тога је ранији саобразни профил добио већу потенцијалну ерозивну енергију, која се узводно још и повећава. То треба да изазове појачану ерозију и појачано спуштање саобразног профила, нарочито у узводном делу.

Смањивање терета још више појачава утицај протицаја, тј. појачава ерозију и усецање саобразног профила.

Море пак издизањем свог нивоа потапа низводне делове долина и скраћује њихове токове и уздужне профиле. Оно исто тако скраћује и одговарајуће завршне профиле, издижући их при томе у свој ниво. Колико ће бити потапање долина и скраћивање токова зависи с једне стране од величине издизања нивоа, а с друге стране од нагиба саобразног профила који је изграђен према претходном нижем нивоу. Морски ниво може при издизању заузети исти висински положај који је имао пре почетка снижавања температуре, али ни у том случају ушће скраћеног воденог тока неће лежати на прегласијалном саобразном профили, који одговара том нивоу, него *испод* њега (ск. 11). Износ тог отступања зависи од нагиба прегласијалног саобразног про-

фила, од износа претходног спуштања нивоа и од нагиба саобразног профила који је изграђен према том нижем нивоу.

Пошто је уздужни профил скраћен, то се сви напред означени утицаји повећаног протицаја и смањеног терета односе само на њега. Наиме, он се јаче усеца, и то релативно јаче у узводном делу, па се тиме



Ск. 11. — Шемајски приказ спуштања доње ерозивне базе чак и при издизању морског нивоа у претходну висину. O_p преглацијални ниво, O_g ниво пуног глацијала, O_i интерглацијални ниво.

саображава одговарајућем завршном профилу. Уз то се то усецање надвезује на започето усецање саобразног профила који је изграђен у пуном глацијалу; само се сада појачава, нарочито на узводном делу.

Но при том саглашавању ерозије и саображавању уздужних профила јавља се још један моменат. Управо водени токови доносе материјал у потопљен део раније долине и тиме је испуњавају. Стварају делту и померају своје ушће. Падови на делти су мали и због тога се јавља прелом између њих и уздужног профила, који се саглашава низводном акумулацијом и узводним усецањем.

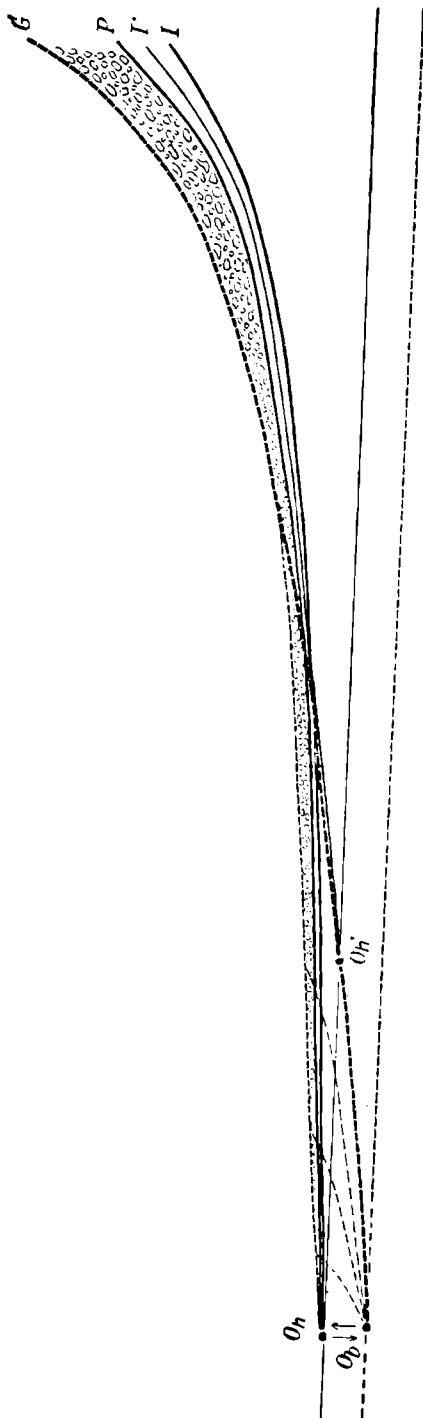
За све време повишавања температуре не може се завршити саглашавања падова и не може се остварити саобразни профил, јер се фактори стално мењају. То се може остварити тек кад се заврши ^{стабилизација} ~~стабилизација~~ температуре и кад се стабилизују ерозивни фактори. Тада је успостављање саобразног профила убрзано, поглавито због тога што се врши у растреситом наносу. Успостављени саобразни профил се даље развија према свом завршном профилу. При томе се усеца у подлогу испод акумулираног материјала (ск. 12).

Изнете промене на уздужном профилу изазивају одговарајуће промене и у речној долини. Доњи део претходно усечене долине је потопљен под море и у њему се врши засипање; оно захвата и мањи узводнији део, који није потопљен. На осталом узводном делу се врши јако усецање нове долине у акумулацију претходног доба. Оно је узводно све веће. Услед тога нова долина и терасе које су се почеле формирати у претходном добу, добијају свој пуни облик. Уз то је уздужни профил дна долине из напред наведених разлога постао нижи.

Под утицајем разлике у хидролошким режимима јављају се модификације тог основног типа.

У областима раније периглацијалне климе усецање је појачано.

У областима раније глацијално нивалне климе јавља се посебан случај. Наиме, ледник се повлачи а водени ток се продужује у гла-



цијални валов. При томе се у терминалном басену иза чеоних морена, као и у преиздубљеним деловима по дну валова формирају језера. Са повлачењем ледника водени токови примају поред повећаног воденог талога и воду од отопљеног леда и због тога се њихов протицај особито повећава. Међутим они добијају веома мало ледничког еродираниог материјала и мање денудованог материјала, јер се он таложи у басенима уметнутих језера, они су скоро без терета. На тај начин сваки водени ток има с једне стране особито појачан протицај и изузетно смањени терет, а с друге стране јако повећане падове ранијом акумулацијом. Тиме је његова ерозивна снага огромно порасла. Том снагом он врши јаку ерозију са циљем да саобрази свој уздужни профил. Саображавање се врши најпре диференцираном сагласном ерозијом. У том погледу се издвајају два дела: низводни који припада ранијем воденом току и узводни део који припада дну ледничких валова.

Низводни део се управља према морском нивоу као доњој ерозивној бази. На том делу је веома живо, усецање у узводној акумула-

Ск. 12. — Шемајски синглетички приказ изграђивања сукуесивних уздужних профила под утицајем колебања плеистоцене климе.

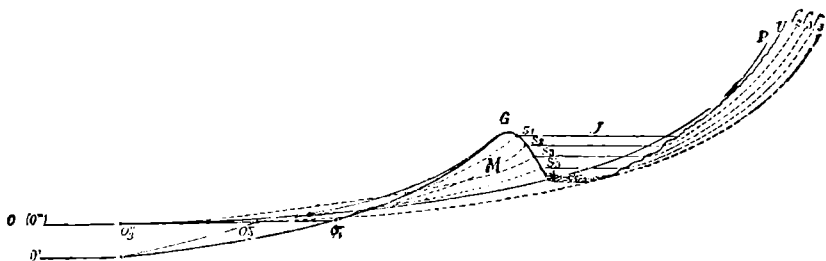
OhP преглацијални уздужни профил, OhG уздужни профил засипања услед снижене температуре за време пуног глацијала, OhI уздужни профил усецања услед повишене температуре за време позног глацијала и раног интерглацијала, OhI уздужни профил са делтасто помереним ушћем за време пуног интерглацијала.

При поновном снижавању температуре врши се засипање на профилу OhI слично као на преглацијалном профилу OhP, с том разликом што је он нижи. При томе засипање може допрети до преглацијалног профила OhP и изнад њега у акумулацију профила OhG.

цији. Водени ток еродира велику количину раније наталоженог материјала и *шаложи га на низводнијим мањим њадовима* и тиме саображава тај део профила, смањујући његову ранију конкавност.

Узводни део уздужног профила, који припада дну глацијалног валова, управља се у целини према нивоу језера у терминалном басену. Он се саглашава на тај начин што се најпре врши јача ерозија на узводним глацијалним прегачама и акумулација у језерском басенима, а затим што се усеча на целој дужини, а акумулира у језеру терминалног басена.

Како, међутим, доњи део профила пресеца бедем чеоних морена, а узводни део насипа језеро у терминалном басену, то се тиме испољава тежња да се та два дела споје и сагласе, а тиме и да се изгради јединствен саобразни профил (ск. 13).



Ск. 13. — Шемајски синијетички њриказ изграђивања сукцесивних уздужних њрофила водених њокова глацијално-нивалног режима њод утицајем колебања њлеисњоцене климе.

OP преглацијални уздужни профил, O'G уздужни профил ледничког потока за време пуног глацијала, O'I уздужни профил воденог тока за време пуног интерглацијала, O₁'' O₂'' O₃'' хоризонтално померање ушња интерглацијалног воденог тока под утицајем делтастог таложења, O₁'' S₁, O₂'' S₂, O₃'' S₃ стадијуми саображавања воденог тока према померању ушња, (O'') S₃' O'' I даљи развој уздужног профила, f₂, f₃, f'₃ притоке глацијалног језера у терминалном басену. U профил ледничког валова, M чеона морена, J језеро у терминалном басену.

Са стабилизацијом климе јављају се међутим извесне измене код ерозивних фактора на тим профилима. Наиме, повлачење ледника је заустављено, или су се они и сасвим изгубили. Тиме је јако смањено или и престало појачано отапање леда и повећање протицаја под тим утицајем. Он је дакле постао слабији. Затим денудација је акумулацијом материјала на подножју валовских страна и засецањем њиховог горњег дела створила на њима такве нагибе да преко њих може лиферовати материјал воденом току. Због тога се на целом уздужном профилу успостављају услови за нормални рад сагласне ерозије и за стварање саобразног профила. Једном успостављени саобразни профил се даље развија у правцу свог завршног профила. При томе треба да се напомене да је период после повлачења ледника знатно дужи од глацијалног периода, па даје већу могућност да се тај саобразни профил изгради и даље напредује.

Долина која се при томе ствара одликује се тиме што је на низводном делу усечена у флувиоглацијалну терасу и у чеону морену, а на узводном делу у дно ледничког валова.

У ендорейчним областима изван утицаја глацијално-нивалног режима такође се са повишавањем температуре повећава протицај

и смањује терет, али се ниво водених басена спушта. Због тога се у тим областима јавља живо усецање и на низводном и на узводном делу — са тежњом да се саглашавањем ерозије под тим условима изгради саобразни профил. На тај начин се ствара нова долина, која је усечена у шљунковитој тераси.

У аридним областима, које су под утицајем снижавања температуре биле претворене у плувијалне, сада се са повишавањем температуре водени токови постепено губе и те области се поново претварају у аридне и ареичне, а раније долине се засипају денудованим материјалом.

Следеће *илеистициено смањивање шемјераишуре* изазива сличне промене код ерозивних фактора као и прво. Промене тих фактора намећу ново саглашавање у ерозивном процесу, изграђивање нових саобразних профила, и нове промене у речним долинама. Само, и под претпоставком да је снижавање температуре и промена ерозивних фактора иста као за време првог снижавања, саглашавање у ерозивном процесу и изграђивање нових саобразних профила неће бити исто, јер се врше под нешто друкчијим условима. У првом реду због тога што је затечени саобразни профил у овом случају из напред наведених разлога положитији него ранији преглацијални, и што је низводни део тог профила састављен од растреситог наноса, наталоженог у преходном добу.

Према томе акумулација материјала се сада врши на полозијем саобразном профилу и због тога би требало да је изграђивање некоординираног акумулативног профила успорено. Усецање координираног ерозивног профила се међутим врши у растреситом материјалу и због тога је убрзано. Он се журније развија на рачун акумулативног материјала и због тога ће пре доћи до краја и изградити свој саобразни облик; а тиме зауставити даљу акумулацију на претходном саобразном профилу.

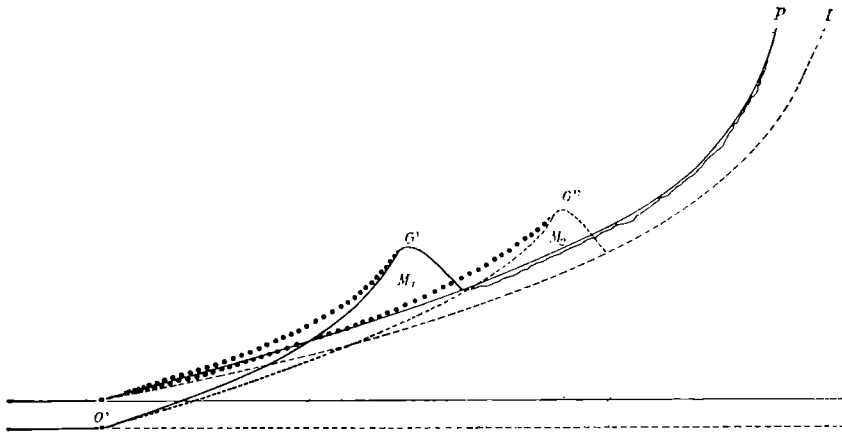
Такви услови допуштају да се већ у току стабилне ниске температуре усече нова долина и да се изнад ње створи шљунковита тераса. Та тераса је положитија од прве, управо те две терасе *конвергирају* према ушћу.

Посебно, у областима глацијално-нивалног режима ледници улазе у горње делове долина, који су сада положитији, а уз то су већ за време прве глацијације њихови горњи делови били претворени у валове. Због мањег нагиба долине они се спорије крећу и заустављају се на узводнијем делу, а због мањег пута и мање ерозије доносе и мањ терет. Но при томе они предају тај материјал својим потоцима који такође теку преко мањег нагиба, па због тога се он потпуније акумулира. Акумулација тог материјала се низводније врши у оном делу долине који је усечен у акумулацију из првог глацијалног доба. Због тога се она у њу *уклапа*.

Али и у овом случају координирани ерозивни профил брзо узводно напредује и засеца некоординирани акумулативни профил.

Кад настане *следеће њовишавање шемјераишуре* поново ће се јавити при ушћу акумулација, која се везује за флувиоглацијалну акумулацију а на узводном делу јако усецање. Због тога се ранија шљунковита тераса дефинитивно формира, а долина се јаче усеца у свом узводном делу.

Са даљим наизменичним спуштањем и повишавањем температуре јављају се нова саглашавања ерозивног процеса и изграђивања саобразних профила, а преко њих и изграђивање долина са плеистоценим терасама (ск. 14).



Ск. 14. — Шемајски синџирички приказ изграђивања уздужних профила шљунковитих тераса у долинама водених токова глацијално-нивалног режима.

Пуне тачкасте линије означавају уздужне профил шљунковитих тераса, ОР преглацијални уздужни профил, ОI интерглацијални уздужни профил, О'G' први глацијални профил, О'G'' други глацијални профил, M₁, M₂ чеоне морене.

Поједине фазе у том изграђивању могу бити различите, што зависи од величине промена температуре, од дужине трајања појединих доба, нарочито доба стабилне климе, и од дужине воденог тока.

Но, и поред свих тих промена у речној ерозији, које су настајале под утицајем колебања плеистоцене климе долина се постепено удубљује. Само се у њој јавља серија шљунковитих одн. акумулативних тераса, које су настале под утицајем тих промена и тиме претстављају њихове сведоке.

Тиме је изнето у основним цртама схватање о утицају колебања плеистоцене климе на речну ерозију са становишта теорије о сагласној ерозији. При томе разуме се, нису узимани у обзир и други фактори, који такође могу утицати на ту ерозију и тиме мењати утицај климе.

ЗАКЉУЧАК

Проблем утицаја колебања плеистоцене климе на речну ерозију је, као што смо видели доста сложен. О њему се доста расправљало, али баш због те сложености јављала су се различита и често потпуно контрадикторна мишљења како о појединим факторима који утичу на ерозивни процес тако и о карактеру самог процеса.

У претходном излагању је направљен покушај да се тај проблем обухвати у целини и да се у облику теориског уопштавања координирају његови саставни елементи, а затим да се цео проблем посматра из новог аспекта, са становишта теорије о сагласној ерозији.

Таквим посматрањем отклоњене су многе тешкоће у објашњавању појединих појава, које су долазиле или услед непрактичног издвајања плеистоцених доба на глацијална и интерглацијална и њиховог стриктног ограничавања; или услед регионалног ограничења појава; или услед теориске поставке о речној ерозији уопште. На пр. да је засипање долина везано само за глацијално доба при влажнијој одн. сувљој клими, а усецање само за време интерглацијалних доба при сувљој одн. влажнијој клими; или да је утицај промена плеистоцене климе ограничен само на глацијалне области (Еберл); или да је усецање долина долазило услед издизања Алпа (А. Пенк); или да се флувиоглацијални материјал из млађег глацијалног доба може таложити преко низводног дела старије флувиоглацијалне акумулације (А. Трол), или да се засипање и усецање долина врши по схватању о равнотежном профилу (А. Болиг) итд.

Главни резултат нашег претходног посматрања је да се основни процес изграђивања уздужног профила и речне долине, који је започео пре почетка колебања плеистоцене климе, мењао под утицајем тог колебања, али није престајао да се у целини одвија у одређеном смислу — у правцу продубљивања долине и смањивања нагиба њеног уздужног профила. Сам утицај колебања плеистоцене климе на тај процес је у основи полазио од промене летње температуре, која је утицала на количину воде у атмосфери испод кондензационе тачке и на испаравање воде на земљиној површини, а преко тога и на њено локално и регионално кружење. При томе је за време нижих температура било мање испаравање воде и мања количина воде је кружила, а то је одређивало мањи протицај у рекама и издизање нивоа у воденим басенима топлих ендорейтичних области. Међутим снижавање летње температуре је изазвало велику акумулацију снега у хладним пределима и тиме је проузроковало с једне стране надирање старих ледника или појаву нових, а с друге стране снижавање нивоа код мора и у воденим басенима тих предела. Снижавање летње температуре је смањивањем количине воде испод кондензационе тачке омогућило да се и у аеричним областима појаве водени токови. Даље снижавање температуре је појачавало распадање стена у хладним пределима.

Повишење летње температуре је вршило обрнут утицај.

На тај начин колебање летње температуре је мењало протицај, ниво водених басена и денудациони материјал, који претстављају основне факторе речне ерозије. Са променом протицаја и нивоа водених басена мења се с једне стране облик и положај завршног профила, а са променама истих фактора и терета мења се и сагласна ерозија, која има најпре да изгради саобразни профил а затим да тај профил снижава према завршном профилу и да тиме усече долину која одговара таквој клими. Због тога је свако снижавање температуре изазвало акумулацију на узводној и усецање на низводној страни претходног саобразног профила, с тежњом да изгради нов стрмији саобразни профил према нижој доњој ерозивној бази; а свако повишавање температуре је изазвало јако усецање на узводном и мању акумулацију на низводном делу претходног саобразног профила с тежњом да изгради нов положитији саобразни профил према вишој доњој ерозивној бази.

Сваки од та два процеса је тежио да усече долину према својим условима, али је сваки од њих прекидан и због тога се изграђивање долине вршило њиховим комбинованим дејством. Услед укрштања њиховог дејстава, акумулација једног процеса се везивала за акумулацију другог, а усецање једног за усецање другог. Са акумулацијама долина се засипала и ширила, а усецања су се вршила у тим акумулацијама и тиме се она продубљивала. Услед тога је у долинама створена серија плеистоцених шљунковитих тераса.

Узводни део сваке шљунковите терасе се стварао акумулацијом за време снижавања температуре и у најузводнијем крају се завршавао са стабилизацијом хладније климе; а низводни, мањи део за време стабилизације следећег повишавања температуре. Усецање на тим деловима су се пак вршила у остало време. Због тога плеистоцене терасе у речним долинама не претстављају јединствен облик ни у временском ни у генетичком погледу; па због тога не могу имати ни облик неког одређеног саобразног профила; али по правилу оне треба да конвергирају према ушћу.

Под утицајем разних хидролошких режима тај општи процес се модификовао, а нарочито су велике модификације биле у областима глацијално-нивалног режима и у топлијим ендореичним областима.

Изнети процес се могао мењати и под утицајем других ерозивних фактора, а нарочито под утицајем тектонских поремећаја Земљине коре и евстатичких поремећаја морског нивоа. Утицаји тих фактора се могу генетски диференцирати на основу конкретног отступања развитка сваке долине од изнетог основног процеса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *A. Penck u. E. Brückner*: Die Alpen im Eiszeitalter, Bd I, II, III, Leipzig, 1901—1909.
2. *A. Penck*: Das Klima der Eiszeit, Verh. d. III Intern. Quartär—Konferenz, Wien, 1938.
3. *J. Цвијух*: Геоморфологија II, Београд 1926
4. *A. Hettner*: Die Arbeit des fließenden Wassers, Geogr. Zeitschrift, 1910.
5. *A. Hettner*: Vergleichende Länderkunde, Bd. II, Leipzig, Berlin 1934.
6. *A. Philippon*: Grundzüge d. Allgemeinen Geographie, Bd. II, H. 2.
7. *A. Wagner*: Lehrbuch d. Geographie, Bd I, T 2, Hannover, 1930.
8. *W. M. Davis u. G. G. Braun*: Grundzüge d. Physiogeographie, Leipzig, Berlin, 1911.
9. *W. Soergel*: Die Ursachen der diluvialen Auschotterung und Erosion, Berlin, 1921.
10. *W. Soergel*: Das Eiszeitalter, Jena, 1938.
11. *Karl Troll*: Der diluviale Inn — Chiemssee — Gletscher, Forsch. z. deutsch. Landes und Volkskunde XXIII, Bd, H. 1, Stuttgart, 1924.
12. *Karl Troll*: Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis d. deutsch. Alpen, Forsch. z. deutsch. Landes und Volkskunde XXIV Bd, H. 4, Stuttgart 1926.
13. *Barthel Eberl*: Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorlande, Augsburg, 1930.
14. *Ingo Schaefer*: Die diluviale Erosion und Akumulation, Forsch. z. deutsch. Länderkunde, Bd 49, Landshut, 1950.
15. *H. Baulig*: Essais d'une théorie des terrasses fluviales, Bull. Soc. belge d'études géogr. 1952.
16. *H. Baulig*: Problèmes des terrasses, Un. géogr. intern, Sixième rapport de la Commission pour l'étude des terrasses pliocènes et pleistocènes, Paris 1948.
17. *H. Baulig*: Essais de géomorphologie, Publ. de la Faculté des lettres de l'Université de Strasbourg, Paris 1950.
18. *J. Büdel*: Die morphologische Wirkungen des Eiszeitklima im gletscherfreien Gebiet, Diluvial-Geologie und Klima, Geol. Rundschau, Bd 34, H 7/8, 1944.

19. K. *Grahmann*: Das Eiszeitalter und d. Übergang zur Gegenwart, Erdkundliches Wissenssch, 1, 1952.
20. M. *Milankovitch*: Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem, Belgrad, 1941.
21. Ф. *Цојнер*: Хронологија плеистоцена, Глас САН. CLXXXVII, 1937
22. П. С. *Јовановић*: Уздужни речни профили — њихови облици и стварање, Београд 1938.
23. П. С. *Јовановић*: Равнотежни и саобразни профил, Зборник радова Географског института САН, Књ. 8, 1954
24. П. С. *Јовановић*: О односу између абразионих и речних тераса, Гласник Српског географског друштва, св. XVII, Београд, 1932.
25. *Svetozar Pešić*: Prodolžni profil Soče, Georg. vesn. XXIII.
26. F. A. *Beery Jr.*, E. *Bollay*, N. R. *Beers*: Handbook of Meteorology, New York, 1945.
27. *Livio Trevisan*: Genèse des terrasses fluviales en relation avec les cycles climatiques, C. R. du C. intern. de géogr., Lisbonne 1949, T. II, Lisbonne 1950.

R é s u m é

P. S. *Jovanović*

L'INFLUENCE DES FLUCTUATIONS DU CLIMAT PLÉISTOCÈNE SUR L'ÉROSION FLUVIALE

Le problème de l'influence du climat pléistocène sur l'érosion fluviale est bien complexe. On l'a souvent discuté; mais justement, c'est à cause de sa complexité qu'on a vu naître dans ces discussions des opinions très différentes et souvent contradictoires, aussi bien sur les facteurs dont dépend le processus de l'érosion, que sur le caractère du processus lui-même.

L'auteur a essayé tout d'abord de traiter ce problème dans sa totalité en coordonnant ses éléments par une généralisation théorique; puis il a considéré le même problème dans son ensemble sous un aspect nouveau tout particulier, en se plaçant au point de vue de la théorie de l'érosion conforme qu'il avait jadis conçue et formulée personnellement.

En envisageant ainsi le problème on écarte bien des difficultés auxquelles s'arrêtait l'explication de certains phénomènes, — des difficultés qui provenaient soit de la division peu pratique des époques pléistocènes en glaciaires et interglaciaires, et de leur stricte délimitation; soit de la limitation régionale des phénomènes; soit des différents points de vue de l'érosion fluviale en général. Par exemple, le comblement des vallées devrait être lié uniquement aux époques glaciaires, considérées soit humides, ou sèches, tandis que le creusement des vallées devrait être lié seulement aux époques interglaciaires, lors d'un climat soit sec, soit humide; ou bien l'influence des fluctuations du climat pléistocène se limiterait aux seules régions glaciaires (Eberl); ou encore le creusement des vallées proviendrait du soulèvement des Alpes (A. Penk); ou bien encore les matériaux fluvio-glaciaires de l'époque glaciaire la plus récente pourraient se déposer pardessus la partie située en aval des couches fluvio-glaciaires plus anciennes (C. Troll); ou encore le comblement et le creusement des vallées se produiraient selon la notion de profil d'équilibre (A. Baulig), etc

L'auteur cependant formule ainsi le résultat essentiel de ses observations: Le processus fondamental d'édification du profil longitudinal et de la vallée fluviale, qui a commencé avant le début des variations du climat pléi-

stocène, a changé sous l'influence de ces variations, sans cesser d'évoluer dans son ensemble dans un sens déterminé — approfondissant la vallée et diminuant la pente du profil longitudinal. Au fond, l'influence de la variation du climat pléistocène sur ce processus commençait par le changement de la température d'été. Celle-ci agissait sur l'évaporation de l'eau à la surface de la terre, sur la quantité d'eau contenue dans l'atmosphère et se trouvant au-dessous de son point de condensation, et par cela même sur sa circulation locale et régionale. C'est ainsi que, lors des températures plus basses, il y avait moins d'évaporation, et alors une quantité plus faible d'eau circulait, — d'où se produisait un moindre débit des rivières et l'élévation du niveau dans les bassins lacustres des régions chaudes endoréiques; enfin, l'abaissement de la température d'été a rendu possible une grande accumulation de neige dans les régions froides, provoquant d'une part la poussée des vieux glaciers ou la formation de nouveaux, et d'autre part l'abaissement du niveau de la mer et des bassins lacustres périglaciaires. L'abaissement de la température de l'été, en diminuant la quantité d'eau se trouvant au-dessous du point de condensation, a permis la formation de cours d'eau dans les régions aréiques.

Un abaissement de température augmentait aussi bien la destruction des roches dans les régions froides que la charge des cours d'eau de ces régions.

L'élévation de la température d'été exerçait, au contraire, une influence inverse.

C'est de cette façon que les fluctuations de la température d'été au cours du pléistocène ont fait varier le débit, la charge des cours d'eau et le niveau de base, c. à d. les facteurs fondamentaux de l'érosion fluviale. Avec le changement du débit et du niveau de base varient la forme et la position du profil définitif, et avec le changement de ces facteurs et de la charge varie aussi l'érosion conforme, qui doit édifier un nouveau profil de conformité. C'est pourquoi chaque abaissement de la température a provoqué l'accumulation en amont, et le creusement en aval du profil de conformité préexistant, marquant la tendance à former un nouveau profil de conformité plus abrupt et rattaché au niveau de base inférieure. Toute élévation de température a exercé, au contraire, une influence inverse.

Chacun de ces deux processus tendait à abaisser son profil de conformité et à creuser la vallée selon ses conditions propres, mais chacun d'eux était interrompu: c'est pourquoi l'édification de la vallée se faisait par leur action combinée. C'est par l'entrecroisement de leurs actions que l'accumulation causée par l'un des processus se liait avec l'accumulation causée par l'autre, de même que le creusement résultant de l'un se liait au creusement fait par l'autre. Par ces accumulations successives la vallée se comblait et s'argissait, et les creusements entaillaient toujours davantage ces matériaux accumulés, en approfondissant ainsi la vallée. Et c'est ce qui a formé dans les vallées une série de terrasses alluviales pléistocènes.

La partie amont de chaque terrasse alluviale s'est formée par accumulation au moment des baisses de température, pour se terminer dans la partie la plus haute de la vallée par la stabilisation du climat froid; tandis que la partie aval, plus petite, s'est terminée au moment de la stabilisation de la hausse

de température suivante. C'est pourquoi les terrasses pléistocènes qu'on trouve dans les vallées fluviales ne présentent pas une forme unique ni au point de vue de l'époque, ni au point de vue génétique; et c'est pour cela encore qu'elles ne peuvent avoir la forme d'un profil conforme déterminé. En règle générale, elles convergent vers l'embouchure.

Sous l'influence des régimes hydrologiques différents, ce processus général s'est modifié. Ces modifications ont été importantes surtout dans les régions à régime glaciaire ou périglaciaire et dans les régions endoréiques chaudes.

Ainsi compris, le processus a pu changer également sous l'influence d'autres facteurs d'érosion. Mais il s'est modifié principalement sous l'action des mouvements tectoniques de l'écorce terrestre et des perturbations eustatiques du niveau de la mer. Les influences respectives de tous ces facteurs peuvent être différenciées génétiquement en partant de l'écart concret du développement de chaque vallée par rapport à processus fondamental.

