

LUDVÍK LOYDA

POHYBY POBŘEŽÍ A LIDSKÁ SÍDLA

Rozvoj sportovního potápění v poslední době zcela neočekávaně přispěl k četným objevům v oboru archeologie. Od ojedinělých nálezů antických amfor, roztroušených na mělkém mořském dně v blízkosti pobřeží, přešli brzy „žabí muži“ k organizovanému průzkumu ztroskotaných lodí a jejich celých nákladů a konečně i k systematickému hledání starých, dávno potopených měst, jejichž zánik a někdy i přesná poloha nebyly v mnoha případech dosud zcela bezpečně známy.

Potopení pobřežních sídel, která dnes nalézáme v hloubce 5--10, ale i více metrů, je nejen důkazem velmi mladých pohybů zemské kůry, avšak velmi často i dokladem poměrně rychlého klesání samotného přístavu při současné stálosti nebo i zvedání jeho nejbližšího okolí. Tyto poznatky, získané různými vědními obory, nakonec ukazují na poněkud výjimečné postavení přístavů s odlišnou poklesovou problematikou, která nedovoluje pouhou aplikaci našich znalostí o pohybech pobřeží, o klesání vnitrozemských sídlišť nebo dokonce o zaplavování měst a vesnic na březích větších jezer.

Nejlépe známým druhem poklesů staveb a celých sídel je zatím jejich náhlé propadnutí při z e m ě t ř e s e n í. I v dnešní době jsme byli svědky zničení pobřežních osad v Chile, poboření města Agadiru, Anchorage aj. a také z historie známe řadu podobných případů. Jako se pomalé poklesy sídel nezdaří být nijak zvlášť významné a nevzbuzují zájem historiků, tak naopak náhlá propadnutí celého města a jeho zmizení ve vodě vždy bývaly a jsou i dnes událostí hodnou záznamu. Proto také víme, že např. při zemětřesení ve východním Středozeří r. 375 př. n. l. se propadlo na dalmatském pobřeží u dnešního Cavtatu město Epidaurus a v Korintském zálivu města Buru a Helice, že při výbuchu Vesuvu v r. 79 se potopily římské lázně Baiae, při zemětřesení v r. 1357 se zřítíl do moře jeden ze starých divů světa, maják na ostrově Pharos, a r. 1692 se odplatou za hříšný způsob života propadlo při zemětřesení do moře tehdejší hlavní město Jamaiky Port Royal. Zbytky takto zmizelých měst a staveb často už nebyly vůbec nalezeny.

Pomalé klesání pobřeží nebo naopak jeho vynořování dlouho bylo a často dosud je zdůvodňováno tzv. e u s t á z í, tj. změnami v množství vody ve světovém moři. Tato představa je jistě oprávněná pro dobu rozsáhlého pleistocenního pevninského zalednění, kdy bylo v ledovcích vázáno velké množství vody, ale naprosto nevyhovuje jako výklad dnešních pohybů pobřežní čáry. Nemůže totiž vysvětlit současně probíhající zdvihy a poklesy, které známe vlastně ze všech pobřeží (např. současný zdvih italského a pokles dalmatského pobřeží).

Zvláštním případem eustáze je pak její aplikace na jezera, kde může docházet ke kolísání úrovně hladiny v důsledku působení více různých faktorů.

— zahrazení jezerního výtoku, zvětšení nebo zmenšení přítoku ap. Tímto způsobem došlo pravděpodobně na Bodamském jezeře ke známé migraci kolových staveb, sledujících posuny pobřežní čáry už v době kamenné a bronzové. Na jezeře Sevan byla objevena stará zatopená sídla teprve v poslední době, kdy zvýšením odtoku vody pro potřebu elektráren poklesla hladina jezera a objevily se zbytky města ze 3. tisíciletí př. n. l. Také v jezeře Van jsou podle pověsti zatopeny trosky několika měst a vesnic, které kdysi při sopečném výbuchu klesly pod vodu. V Kaspickém jezeře jižně od Baku je pravděpodobně zatopena řada sídel z doby, kdy jezero mělo menší rozsah než dnes. Byly nalezeny staré cesty vedoucí z pevniny kolmo k pobřeží a pokračující dále pod vodou.

K další velké záplavě došlo na jezeře Issyk-kul, kde zatopení 4 velkých a 5 menších měst, prosperujících údajně ještě v době Marca Pola, je příkladem rychlé změny úrovně vodní hladiny. Města se potopila v několika málo hodinách a předpokládá se, že se tak stalo náhlým zahrazením jezerního výtoku. Při velké rozloze jezera je ovšem sotva možné, aby v několika hodinách se vodní hladina zvedla o desítky metrů, takže nelze rozhodně vylučovat spíše tektonický pokles pobřeží při zdejších častých zemětřeseních. Tato jezerní eustáze je ovšem nakonec vždy jen zcela lokálním jevem a netýká se vůbec poklesů mořského pobřeží, jejichž příčiny je nutno hledat spíše v pomalém nebo náhlém pohybu ker zemské kůry.

Poslední z hlavních příčin, jimiž je dnes vysvětlováno klesání a zvedání pobřeží, je *izostáze*. Je založena na jednoduché představě, že území, zatížená např. vahou sedimentů, musí nutně klesat a kvůli zachování rovnováhy se opět zvedají odlehčené oblasti odnosu. Z geologického vývoje celého zemského povrchu však víme, že zdvihy a poklesy jednotlivých ker zemské kůry následují po sobě v různých intervalech a což je důležité, zcela bez ohledu na jejich zatížení sedimenty nebo na denudaci povrchu. Např. zdvih české křídly začal v době, kdy váha sedimentů byla vlastně největší a podle principu izostáze by mělo klesání nutně pokračovat ještě intenzivněji dále.

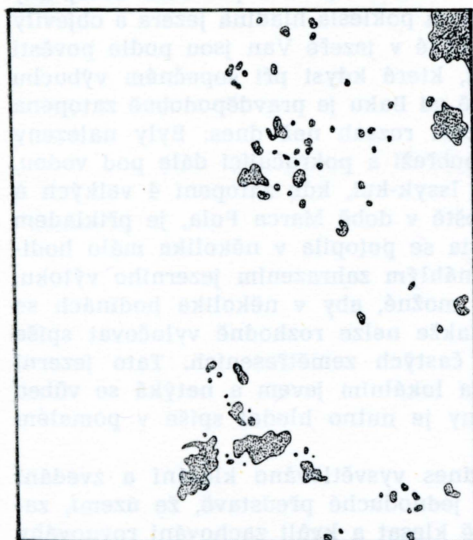
Na rozdíl od eustáze však izostáze přece už jen počítá s tektonickým pohybem jednotlivých ker zemské kůry, avšak dosud mylně vykládá jeho příčinu. Tento pohyb, neuvažujeme-li podstatu jeho vzniku, probíhá více méně neustále. Poklesy se střídají se zdvihy a rozdílné jsou zřejmě jen periody a rychlost celého pohybu a velikost pohybujících se ker.

Izostáze a eustáze jako dvě stále uznávané hlavní příčiny pohybu pobřežní čáry však nakonec selhaly právě při výkladu krátkodobých kolébání ker zemské kůry. Z toho důvodu také geodeticky zjišťované recentní poklesy přístavních měst se začaly vysvětlovat jinak. Při neznalosti skutečných příčin tektonického pohybu se nutně pozornost obrátila na *atektonické faktory*.

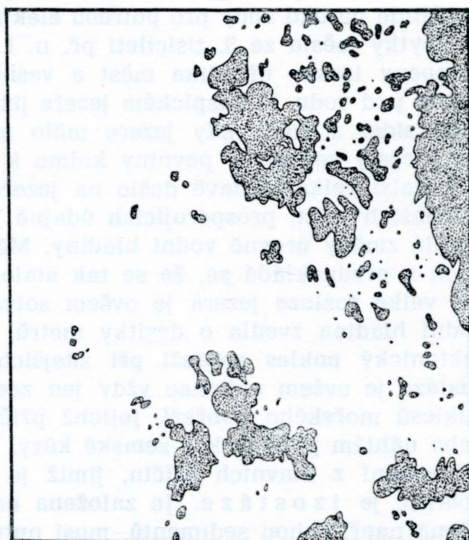
Klesání těžkých budov nebo celých sídlišť není dnes jevem nijak ojedinělým. Setkáváme se s ním hlavně v uhelných pánvích, kde nerovnoměrný pokles poddolovaného území často vyvolává zborcení a propadání staveb. Obdobné poklesy jsou předpokládány také při čerpání vody, nafty a plynu z vrstev ležících pod zastavěným územím. V těchto případech velká města se stále stoupající spotřebou takto čerpané vody mohou klesat i o několik centimetrů ročně (Mexiko, Moskva, Curych aj.).

Uvedené poklesy, podobně jako vyklenování měkkého údolního dna při odstranění povrchových sedimentů (bulging), jsou zřejmě z valné části přímo vyvolány lidskou činností a liší se tak zřetelně od ostatních klesání sídel, nijak nepodmíněných zásahem člověka. Sem patří opět běžné případy sesedání

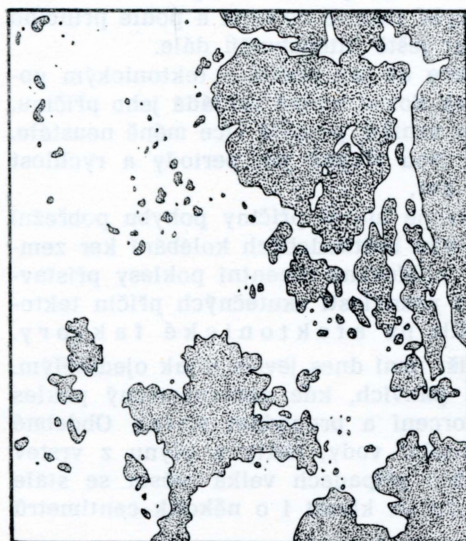
nezpevněných hornin v zastavěných areálech. Klasickou oblastí takto klesajících staveb je Holandsko, kde nezpevněné a zvodněné sedimenty jsou na velkém území vlastně jedinou základovou půdou.



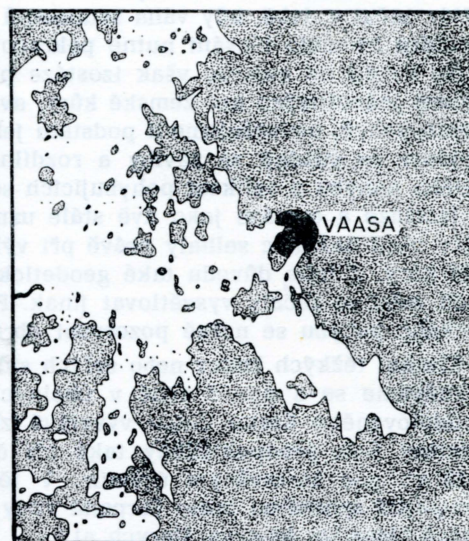
1



2



3



4

km 0 5 10

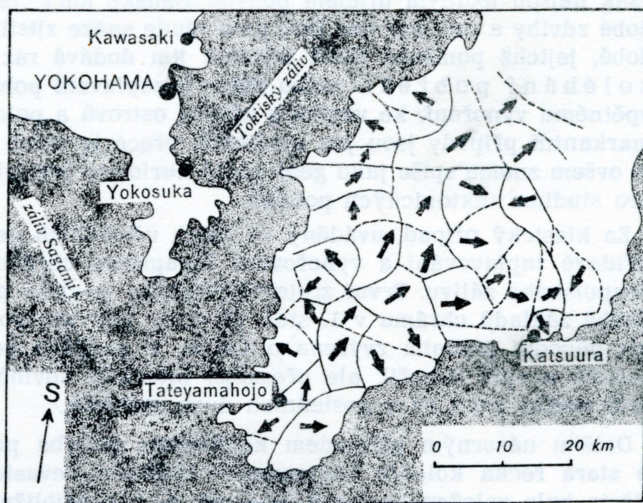
1. Vynořování finského pobřeží v okolí města Vaasa (Renkvist 1957, Ricater 1964).
1 — stav kolem r. 300, 2 — stav kolem r. 800, 3 — stav kolem r. 1350, 4 — stav kolem r. 1950.

Zvlášť u čerpání vody pro potřeby velkých měst se souvislost s klesáním povrchu zdála být na první pohled zcela nepochybná. Existují dokonce pokusy vysvětlovat veškeré poklesy sídel jen těmito lokálními netektonickými vlivy (Leontjev 1963, 1965 aj.). To by ovšem bylo podobným extrémem jako jejich úplně vyloučení. Celý problém klesání by byl sice nějak a na první pohled možná i uspokojivě vysvětlen, ale zároveň by byl zkreslen a jeho pravá podstata zastřena. Na pokles měst a zvláště přístavů mají nutně vliv jak pohyby ker zemské kůry a geologické složení a vlastnosti její svrchní vrstvy, tak i hydrologické poměry celé přilehlé oblasti a nakonec jistě i různé místní atektonické faktory. Jen tak lze vysvětlit, že např. i přes značné čerpání vody z podložních vrstev řada sídel vůbec neklesá a naopak některé se dokonce i zvedají. Tuto skutečnost ovšem bez působení tektonických příčin nelze dost dobře objasnit.

Známým příkladem tektonických pohybů v nejmladším geologickém období — v holocénu — je zdvih Fennoskandie, pokračující až do dnešní doby, takže jej lze dobře pozorovat i měřit. Delší dobu trvajícím pravidelné zvedání zemského povrchu v této oblasti vede nutně na pobřeží Botnického k ústupu moře, a tedy k vynořování mořského dna a narůstání pevniny. Zvláště v mělkých pobřežních vodách při rychlosti zdvihu 5–10 mm za rok může dojít v poměrně velmi krátké době ke zřetelným změnám v průběhu pobřežní čáry. Velmi názorný příklad vynořování pevniny uvádí Renkvist (Richter 1965) z okolí finského přístavu Vaasa. Podle různých pramenů rekonstruuje průběh pobřežní čáry pro některá období (obr. 1).

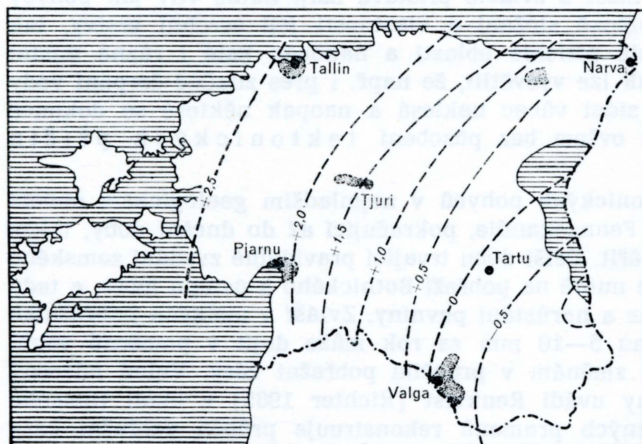
Zemská kůra se však skládá z množství velkých i malých bloků, které se pohybují zcela samostatně. Zjištění a hrubé vymezení těchto třeba jen malých ker je zatím proveditelné pouze častým opakováním přesných nivelačních měření. Snad jedinou oblastí na světě, kde jsou geodetická měření takto prováděna, jsou Japonské ostrovy. Na příkladu poloostrova Boso je vidět zřetelné různosměrné uklánění, a tedy samostatný tektonický pohyb jednotlivých poměrně malých ker zemské kůry, tak jak byl zjištěn několikrát opakovanou nivelačí (obr. 2).

Potvrzením existence tohoto druhu pohybu jsou i poznatky geofyziků, kteří v poslední době objevili, že i ve Fennoskandii s celkově jasnou zdvihovou tendencí se některé menší kry zvedají pomaleji nebo dokonce klesají. Předpokládá se, že tímto izolovaným poklesem vznikl nejen Finský záliv, ale



2. Samostatný tektonický pohyb ker na poloostrově Boso v Tókijském zálivu, zjištěný opakovanou nivelačí (Miyabe 1935, Carey 1963).

i drobnější zálivy při jeho pobřeží. Současná geodetická měření pak ukázala, že na zvedajícím se pobřeží Estonska klesají přístavní měst Talin a Pjarnu a ve vnitrozemí město Valga a okolí města Tjuri (obr. 3). Vzhledem k malé rozloze klesajících areálů bylo za zcela zřejmou příčinu těchto poklesů dosud považováno pouze čerpání vody z podložních vrstev.



isobasy (v mm/rok)
lokální poklesy

3. Pokles jednotlivých ker na zvedajícím se pobřeží Estonska, zjištěný opakovanou nivelací (Želmin 1963).

však nejsou jediným druhem pohybu zemské kůry. Je samozřejmé, že dlouhodobé zdvihy a poklesy ker jsou jistě všude snáze zjištělné než pohyby krátkodobé, jejichž poměrně časté střídání jim dodává ráz zřetelně oscilační. Tato kolébání pobřeží vedou občas k zaplavení pobřežních staveb a k jejich opětovnému vynoření, ke vzniku a zániku ostrovů a poloostrovů ap. Třebaže tyto markantní případy jsou jen ojedinělé, přece je nelze jen tak přehlížet. Zatím je ovšem známe spíše jako geologické kuriozity než jako lokality zvlášť vhodné pro studium tektonických pohybů.

Za klasický případ, uváděný ve všech učebnicích geologie, bývá považováno střídavě zaplavování a vynořování Serapisova chrámu u Puzzuoli na pobřeží Neapolského zálivu. První zřetelné příznaky poklesu pobřeží se objevily už při stavbě základů chrámu v 1. stol. př. n. l., kdy pro postupující záplavu musela být původní podlaha zvýšena o 1,5 m. V pozdější době se chrám několikrát ponořil a opět vynořil, ale přesnější intervaly zdvihů a poklesů (45–50 let) bylo možno určit až v posledních dvou stoletích.

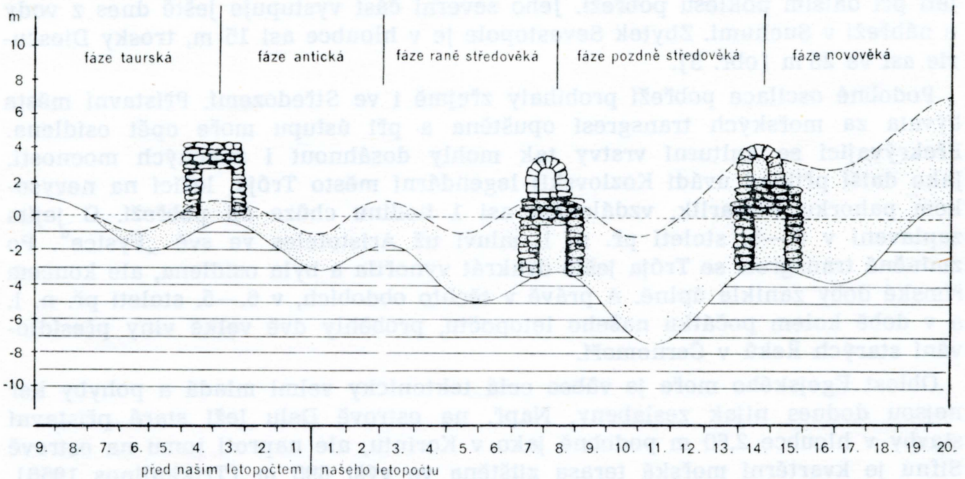
Dalším názorným příkladem kolébatého pohybu pobřeží v historické době je stará řecká kolonie Chersones v blízkosti Sevastopolu (Kozlovskij 1965). Město bylo založeno asi v 5. stol. př. n. l. a přibližně o 200 let později byly postaveny silné hrady s několika branami. Několikrát opakované poklesy pobřeží způsobily jeho dočasné zaplavení a zanesení staveb mořskými sedimenty. Už v 1. st. př. n. l. bylo nutno na starých pohřbených hradbách postavit

K zcela obdobným závěrům o samostatném pohybu jednotlivých ker došel už v r. 1926 O. Matoušek srovnáním výsledků opakovaných nivelací, provedených na území města Prahy. Ukázalo se, že pevné výškové body, vzdálené od sebe i jen několik málo desítek metrů, se vertikálně pohybují nestejnou rychlostí. V tomto případě nelze zjištěné difference vysvětlit čerpáním vody, ale naopak, pohyby se zdají mít úzký vztah ke geologické a tektonické stavbě podloží.

Delší jednosměrné poklesy nebo zdvihy

nové, ale pozdější střídání zdvihů a poklesů vedlo k ponoření a k zanesení i těchto zvýšených opevnění.

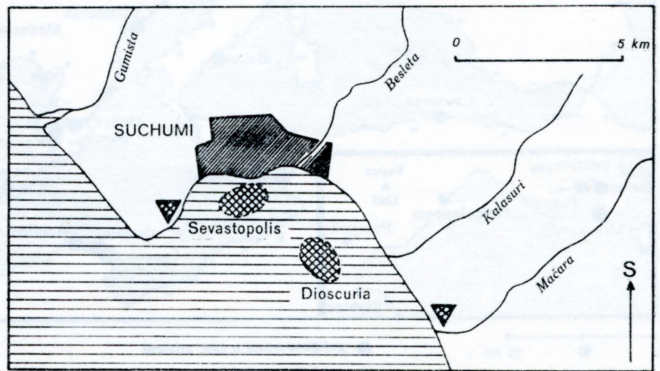
V historické době byla oblast Chersonu zaplavena v 6.—5. stol. př. n. l., později v době kolem počátku našeho letopočtu, ve 4.—5. stol., v 10.—11. stol.



4. Kolébavý pohyb pobřeží a opakovaná zatopení řecké kolonie Chersonesu na Krymu (Kozlovskij 1965).

a nakonec v 16.—17. století. Interval mezi opakovanými poklesy je tedy přibližně 500 let (obr. 4). Períody poklesů a záplav však časově až překvapivě souvisejí s historií uváděnými několikrát se opakujícími obdobími úpadku města. Tak např. ve 4. století město ztratilo samostatnost, jeho další úpadek v 11. stol. je spojován s nájedzy Kumánů a také konečný úplný zánik města spadá do počátku posledního poklesu v 15. století. Podle křivky kolébání povrchu na obr. 4 je tento poslední pokles jen nepatrný, ale protože křivku sestavovali archeologové bez účasti geomorfologů, nemusí být jimi zakreslená velikost poklesu zcela přesná.

Zajímavější je ovšem další zjištění, že v době uvedených poklesů a transgresí procházel nejen Chersones, ale všechna antická města na černomořském pobřeží obdobím úpadku nebo zániku. Podle archeologických nálezů však dnes víme, že byla v té době vlastně



▽ odsolovací nádrže

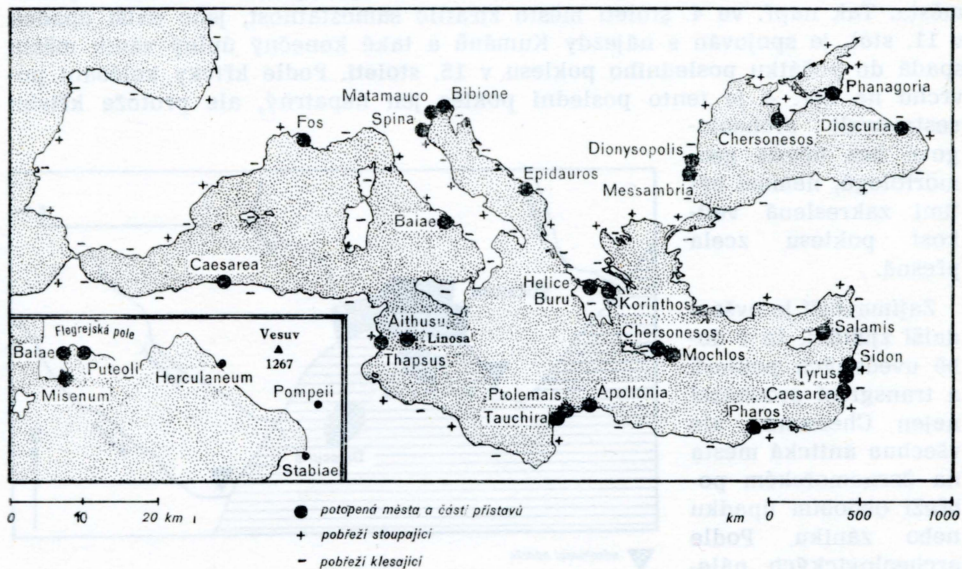
5. Zaplavení měst Dioscuria a Sevastopolis v Suchumském zálivu.

také zaplavena mořem. Na Kerčském a Tamanském poloostrově podobně klesala např. města Panticapaeum (předchůdce dnešní Kerči), Cepi, Parthenion, Thanagoria aj. U dnešní Suchumi je pak v zálivu zcela zatopena stará řecká osada Dioscuria, zničená údajně zemětřesením v 1. stol. př. n. l. Na jejím místě vzniklo asi o 200 let později nové město Sevastopolis, zaniklé ve 4. století při dalším poklesu pobřeží. Jeho severní část vystupuje ještě dnes z vody u nábřeží v Suchumi. Zbytek Sevastopole je v hloubce asi 15 m, trosky Dioscurie asi ve 25 m (obr. 5).

Podobné oscilace pobřeží probíhaly zřejmě i ve Středozeří. Přístavní města bývala za mořských transgresí opuštěna a při ústupu moře opět osídlena. Překrývající se kulturní vrstvy tak mohly dosáhnout i značných mocností. Jako další příklad uvádí Kozlovskij legendární město Tróju, ležící na nevysokém pahorku Hissarlik, vzdáleném asi 1 hodinu chůze od pobřeží. O jejím zaplavení v 6.—5. století př. n. l. mluví už Aristoteles ve své „Fysice“. Po zmíněné transgresi se Trója ještě dvakrát vynořila a byla osídlena, ale koncem římské doby zanikla úplně. A právě v těchto obdobích, v 6.—5. století př. n. l. a v době kolem počátku našeho letopočtu, proběhly dvě velké vlny přesídlování starých Řeků v Černomoří.

Oblast Egejského moře je vůbec celá tektonicky velmi mladá a pohyby ker nejsou dodnes nijak zeslabeny. Např. na ostrově Delu leží staré přístavní stavby v hloubce 2,60 m podobně jako v Korintu, ale naproti tomu na ostrově Sifnu je kvartérní mořská terasa zjištěna ve výši 690 m (Trikkalinos 1956). Podobně i na Krétě došlo v historické době k mořské transgresi a regresi (Hafemann 1965). Antické přístavy na západní straně ostrova (Grammos, Palaeochora, Elafonisi) se zvedly a naopak na klesajícím východním pobřeží se z bývalých poloostrovů staly ostrovy (Mochlos, Spinalonga).

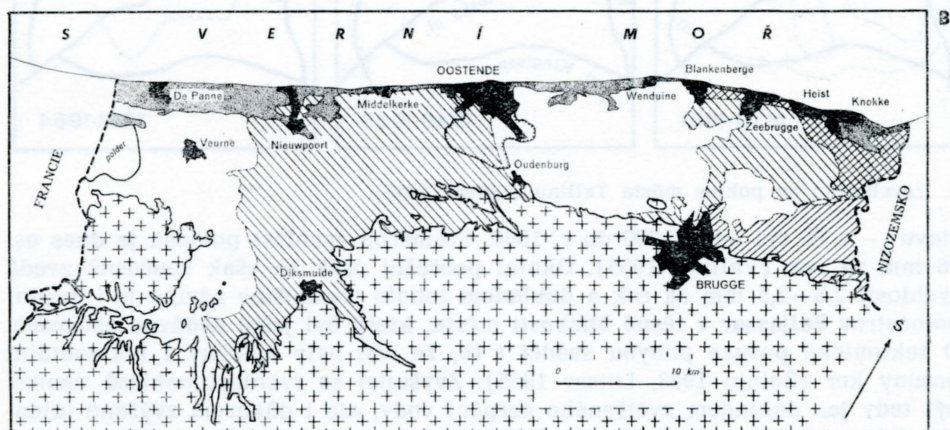
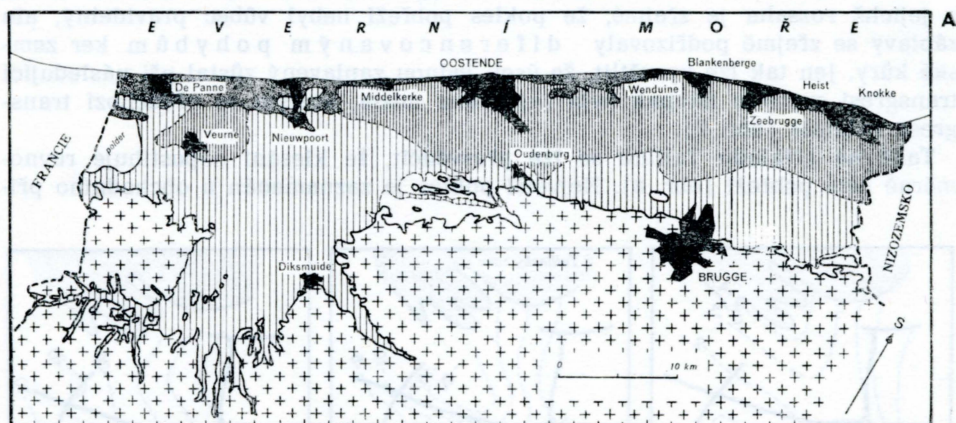
Pobřežní města nebo aspoň části přístavů klesaly tedy většinou tektonicky,



6. Některá zatopená města a přístavy, objevená dnes archeology a sportovními potápěči.

i když jejich zánik bývá často připisován jiným příčinám. Teprve v poslední době rozvoj sportovního potápění a jeho užití v archeologickém průzkumu umožnil objevení dávno potopených trosk mnoha antických měst (obr. 6).

Z oblasti západní Evropy a hlavně Severního moře známe podobné důkazy jednak o delším poklesu pevniny a jednak o kratším kolébavém pohybu, zcela podobném oscilacím pobřeží v Neapolském zálivu a v Černomoří. Dokladem delšího klesání jsou především holandské nálezy dnes zaplavených neolitických sídlišť a rozplavených hrobů, které svědčí o poklesu pevniny od r. 1500 př. n. l. o několik metrů. Obdobný pokles je znám i z pobřeží Bretaně, kde megalitický pomník u Es Lania je při odlivu na souši a za odlivu pod vodou (van

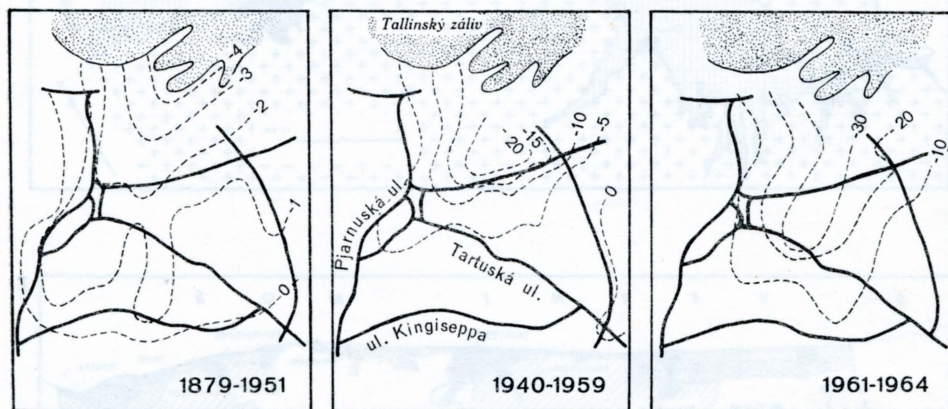


7. Dunkerkská transgrese a její fáze na belgickém pobřeží (Tavernier, Moormann 1954). 1 — pobřežní přesypy, 2 — nezaplavené území, 3 — transgrese ve 2.—1. stol. př. n. l., 4. — transgrese ve 4.—8. století, 5 — transgrese v 10. století, 6 — transgrese v 11. století, 7 — transgrese v 17.—18. století.

Giffen 1954). V oblasti Barradeel v sz. Frísku byla hustými vrty zjištěna opakovaná kolísání pobřežní čáry, která způsobila migraci starých rybářských sídel, vázaných svou existencí na mořské pobřeží a posunujících se proto už od 5. století př. n. l. souhlasně s postupujícím nebo ustupujícím mořem (Baker 1954). Dlouhá zkušenost s tímto občasným pronikáním moře do pevniny vedla pak asi před 1000 lety ke stavbě prvních ochranných pobřežních hrází, jejichž celková délka dnes už dosáhla 2400 km (van Veen 1957).

Klesání pevniny, i když trvala nepřetržitě jakkoliv dlouho, byla vždy nakonec vystřídána ústupem moře a vnošením dříve zaplaveného území. Tímto způsobem kolísá nejen pobřeží Nizozemska, ale i Belgie a právě z této oblasti je v historické době známo 5 mořských transgresí (Tavernier, Moormann 1954), z jejichž rozsahu je zřejmé, že pokles pobřeží nebyl vůbec pravidelný, ale záplavy se zřejmě podřizovaly diferencovaným pohybům ker zemské kůry. Jen tak lze vysvětlit, že úsek jednou zaplavený zůstal při následující transgresi suchý a naopak byla zaplavena místa, kterým se předchozí transgrese vyhnula (obr. 7).

Také na příkladu Tallinu se lze přesvědčit, že klesání nepostihuje rovnoměrně celé pobřeží (obr. 8). Největší pokles je zaznamenán u obchodního pří-

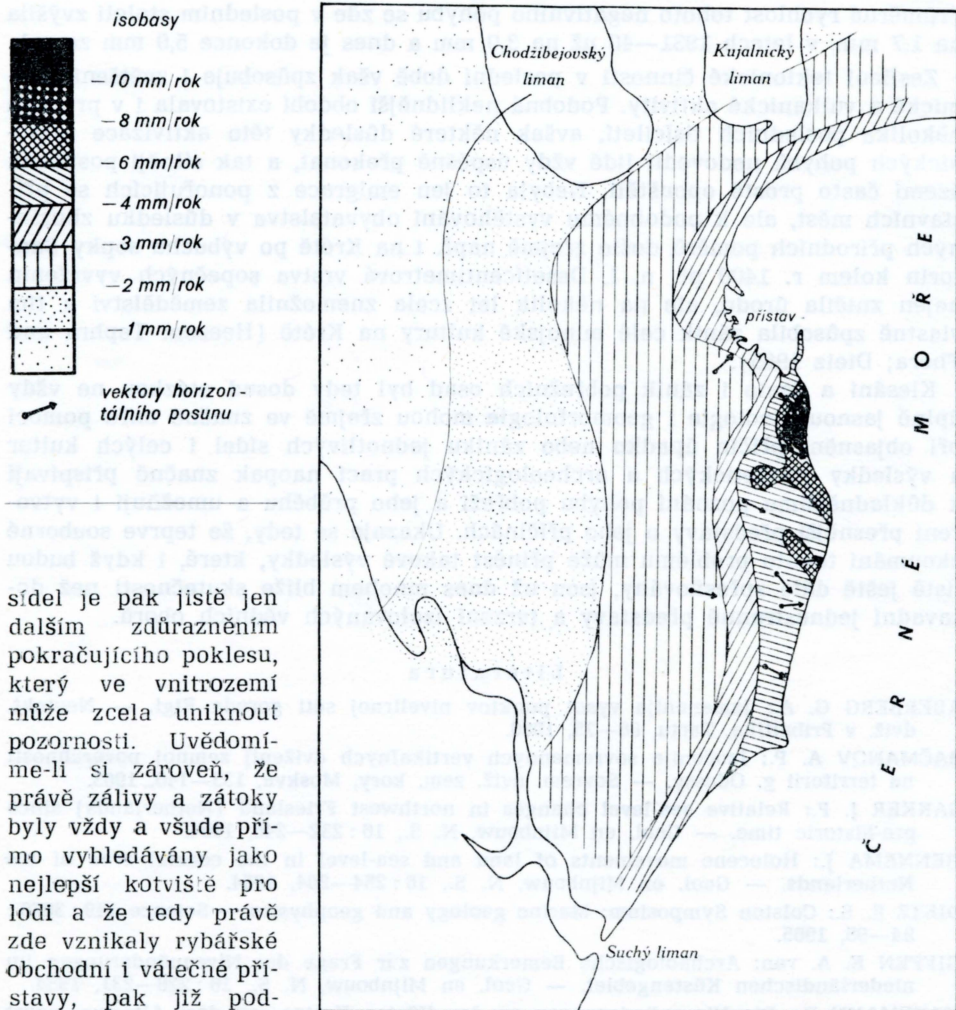


8. Zrychlující se pokles města Tallinu (Lutsar 1965).

stavu -- o 60 cm od r. 1900 do r. 1960. Průměrná rychlost poklesu je dnes asi 36 mm za rok (Vallner 1965). Okolní pobřežní úsek se však současně zvedá rychlostí 2,3—2,5 mm za rok a dokladem tohoto trvalejšího zdvihu je i dnešní poloostrov Paljassar v těsné blízkosti města, který byl ještě nedávno ostrovem. O tektonické povaze pohybu svědčí i to, že zde byly zjištěny i horizontální posuny ker (Želnin 1963, Lutsar 1935). Zvyšující se rychlost poklesů nemusí být tedy jen dokladem zvětšeného čerpání vody, ale i důkazem zvýšené intenzity tektonických pohybů. Kromě Tallinu a Pjarnu klesá prokazatelně i severní část přístavu v Rize (Aberberg 1960) a také přístav Liepaja.

K téměř zákonité nutnosti klesání přístavů nebo jejich částí dojdeme, pokud se spojíme obecné poznatky geomorfologické s tisíciletou zkušeností při zakládání přístavů na pobřeží všech světových moří. Geomorfologie a geologie učí zcela jednoznačně, že charakteristickým rysem klesajícího pobřeží je vznik zálivů a zátok, tvorba různých lagun, limanů ap. Tyto poznatky je však třeba

podle výsledků měření geofyzikálních a geodetických poněkud upřesnit v tom smyslu, že záliv může vzniknout i na pobřeží celkově stoupajícím — např. ve Fennoskandii. Podmínkou a vlastní příčinou jeho vytvoření může být třeba jediná klesající kra. Její zaplavení mořem a případné zatopení pobřežních



9. Pokles pobřeží u Oděsy, zjištěný opakovanou nivelací (Bačmanov 1963).

sídel je pak jistě jen dalším zdůrazněním pokračujícího poklesu, který ve vnitrozemí může zcela uniknout pozornosti. Uvědomíme-li si zároveň, že právě zálivy a zátoky byly vždy a všude přímo vyhledávány jako nejlepší kotviště pro lodí a že tedy právě zde vznikaly rybářské obchodní i válečné přístavy, pak již podstata dnešního klesání těchto sídel se nezdá být tak problematická.

Příklad z Estonska ukazuje, že ke vniku zálivu zcela stačí jediná klesající kra. Také klesání přístavu Oděsy na limanovitém pobřeží stejnojmenného zálivu je obdobou diferencovaného pohybu ker (obr. 9). Jestliže tedy přístavní města nebo části přístavů klesají více než ostatní pobřeží, pak není třeba příčinu tohoto poklesu hledat jen v atektonických faktorech, ale především v tom, že přístavy byly snad vždy postaveny právě na izolovaných klesajících krách, tj. v místech zvlášť vhodných k tomuto účelu — v zálivech, při ústí řek ap.

Z výsledků opakované nivelace v Tallinu je zřejmé, že se pokles města v poslední době zřetelně zrychluje (obr. 8). Není-li jeho příčinou čerpání vody, ale tektonický pohyb ker, který není vyvolán lokálními faktory, pak důsledky této zesílené tektonické činnosti by se měly projevovat i jinde. Příkladem zrychlujícího se klesání mohou být Benátky, pokleslé od 12. století celkem o 80 cm. Průměrná rychlost tohoto negativního pohybu se zde v posledním století zvýšila na 1,7 mm, v letech 1931—40 už na 3,0 mm a dnes je dokonce 5,0 mm za rok.

Zesílení tektonické činnosti v poslední době však způsobuje i zvětšení seismické a vulkanické aktivity. Podobná neklidnější období existovala i v průběhu několika posledních tisíciletí, avšak některé důsledky této aktivizace tektonických pohybů nedovedli lidé vždy úspěšně překonat, a tak silněji postižená území často prostě opouštěli. Nebyla to jen emigrace z ponořujících se přístavních měst, ale k podobnému vystěhování obyvatelstva v důsledku zhoršených přírodních poměrů došlo zřejmě např. i na Krétě po výbuchu sopky Santorin kolem r. 1400 př. n. l. Deseticentimetrová vrstva sopečných vyvrženin nejen zničila úrodu, ale na několik let zcela znemožnila zemědělství a tím vlastně způsobila zánik celé minojské kultury na Krétě (Heezen: Tephra and Thera; Dietz 1965).

Klesání a často i zánik pobřežních osad byl tedy dosud otázkou ne vždy úplně jasnou. Geologie i geomorfologie mohou zřejmě ve značné míře pomoci při objasnění příčin úpadku nebo zániku jednotlivých sídel i celých kultur a výsledky geodetických a archeologických prací naopak značně přispívají k důkladnějšímu poznání pohybu pobřeží a jeho průběhu a umožňují i vytvoření přesnější představy o jeho příčinách. Ukazuje se tedy, že teprve souborné zkoumání tohoto problému může přinést takové výsledky, které, i když budou jistě ještě dále zpřesňovány, jsou už dnes mnohem blíže skutečnosti než dosavadní jednostranné představy a tvrzení izolovaných vědních oborů.

Literatura

- ABERBERG G. A.: Izmenenija vysot punktov nivelirnoj seti goroda Rigi. — Neotekt. dviž. v Pribaltike, Tartu, 66—75, 1960.
- BAČMANOV A. P.: Izučeniya sovremennykh vertikalnykh dviženij zemnoj poverchnosti na territorii g. Odessy. — Sovrem. dviž. zem. kory, Moskva, 133—140, 1963.
- BAKKER J. P.: Relative sea-level changes in northwest Friesland (Netherlands) since pre-historic time. — Geol. en Mijnbouw, N. S., 16: 232—246, 1954.
- BENNEMA J.: Holocene movements of land and sea-level in the coastal area of the Netherlands. — Geol. en Mijnbouw, N. S., 16: 254—264, 1954.
- DIETZ R. S.: Colston Symposium: Marine geology and geophysics. — Science 149: 3679: 94—95, 1965.
- GIFFEN E. A. van: Archäologische Bemerkungen zur Frage der Niveauänderungen im niederländischen Küstengebiet. — Geol. en Mijnbouw, N. S., 16: 226—231, 1954.
- HAFEMANN D.: Die Niveauänderungen an den Küsten Kretas seit dem Altertum nebst einigen Bemerkungen über ältere Strandbildungen auf Westkreta. — Abh. d. Math.-naturw. Kl. d. Akad. d. Wiss. u. Lit., 92 str., 12, 1965.
- HOLMQUIST J. D., WHEELER A. H. (ed.): Diving into the Past. — 111 str., Minnesota Historical Society, St. Paul 1964.
- KOZLOVSKIJ D. A.: O ritme vekovykh kolebanij zemnoj kory. — Sovrem. dviž. zem. kory, Tartu, 2: 62—70, 1965.
- LEONTĚJEV G. I.: Vremennyje atmosferyje i vodnyje nagruzki na zemnoj poverchnosti i ich vlijanije na vysokotočnoje invelirovanije v Nižnem Povolž'je. — Sovrem. dviž. zem. kory, Moskva, 112—117, 1963.
- : Ob interpretacii rezul'tatov povtornykh nivelirovok. — Sovrem. dviž. zem. kory, Tartu, 2: 315—321, 1965.

- LINDE G., BRETTSCHEIDER E.: Poklady v hlubinách. — 249 str., Orbis, Praha 1967.
- LUTSAR R. V.: Smeščenija reперov nivelirnoj seti goroda Tallina. — Sovrem. dviž. zem. kory, Tartu, 2 : 288—293, 1965.
- MATOUŠEK O.: Poznámka k stabilitě kůry zemské v pražském okolí. — Věstník SGÚ, 351—358, 1926.
- NELIDOV N. N., GUBAJDULLIN A. M.: Sovremennyye vertikalnyje dviženija zemnoj poverchnosti na territorii g. Kazani. — Sovrem. dviž. zem. kory, Moskva, 141—143, 1963.
- PLAT TAYLOR J. du: Marine Archaeology. — 208 str., World Underwater Federation, London 1965.
- RACKL H. W.: Ponory do minulosti. — 255 str., MF, Praha 1966.
- RICHTER V. G.: Metody izučeniya novejšej i sovremennoj tektoniki selfovykh zon morej i okeanov. — Moskva 1965.
- RODEFF Z. CH.: Die Geschichte der bulgarischen Schwarzmeerküste. — Poseidon, 1 : 61 : 14—17, 1967.
- SILLNER L.: Cypern — Insel der Aphrodite. — Delphin, 9 : 9—11, 1966.
- TAVERNIER R., MOORMANN F.: Les changements du niveau de la mer dans la plaine maritime flammande pendant l'holocène. — Geol. en Mijnbouw, N. S., 16 : 201—206, 1954.
- TRIKKALINOS J.: Die Auswirkungen junger, sehr starker diluvialer und rezenter orogener Bewegungen im Gebiete Griechenlands. — Geotekt. Symp. zu Ehren v. H. Stille, Stuttgart, 64—76, 1956.
- USPENSKIJ M. S.: Vertikalnyje smeščenija zemnoj poverchnosti pod dejstvijem nekotorych processov netektoničeskogo charaktera. — Sovrem. dviž. zem. kory, Moskva, 144—148, 1963.
- VALENTIN H.: Die Küsten der Erde. — Peterm. Geogr. Mitt., Ergzh. 246, Gotha 1952.
- VALLNER L. K.: Osedaniya zemnoj poverchnosti vsledstviya podzemnogo vodozabora na territorii goroda Tallina. — Sovrem. dviž. zem. kory, Tartu, 2 : 294—301, 1965.
- VEEN J. van: Necessity of subsidence gauges. — Report presented at the XI. Gen. Assembly of the Intern. Assoc. of Geodesy at Toronto 1957. The Hague 1957.
- ŽELNIN G. A.: Primeneniya metoda povtornykh nivelirovok dlja izučeniya vertikalnykh dviženij zemnoj kory na territorii Estonskoj SSR. — Sovrem. dviž. zem. kory, Moskva, 95—100, 1963.
- Dioscuria gefunden. — Poseidon, 10 : 58 : 445—447, 1966.

MOVEMENTS OF THE COAST AND THE HUMAN SETTLEMENTS

In this article there are summarized the results of last investigations related to the problem of the settlements' subsiding on the seashore. Different branches of science are engaged in studying vertical movements of the shore e.g. geology, geomorphology, geodesy, oceanography, as well as history, and, as the matter now stands, each of them trying to solve the problem from its point of view.

Geology and geomorphology take an interest in sudden subsidences of the coast caused by earthquakes as well as in longtimed sinking accompanied with the shifting of the coastline and with distinct changes in erosional conditions or accumulation in the coastal area. All the coasts are then classified into the raised and the subsided ones.

Up to the present time the opinion is widely held that the movements of that kind may be explained by isostasy, eustasy, or generally by geological forces of endogenous origin. On the other hand the subsidence of towns seems to be caused by pumping out the underground water, by soft sediments being compressed during their consolidation, and by means of another atectonic factors.

In many cases repeated geodetic levellings find out the recent subsidence of seaside towns continually increasing, but the explanation of that is by no means different from that of geology and geomorphology (fig. 2, 8, 9). The ruins of ancient towns in the area of the Mediterranean Sea (fig. 6) have been discovered lately by sport-divers. It seems that the findings of the archaeologists together with the results of geological research will in fact enable to correct our existing opinions related to some

important periods in the life of many ancient greek settlements on the coast of the Black and the Aegean Sea. The town of Chersones of Crimea has been submerged and emerged in turn many times since the 6th century B.C. The interval between its repeated subsidences is determined on about 500 years (fig. 5) and the periods of those sinkings seem to be connected closely with the epochs of well known decline of the town. Archaeological excavations have confirmed that the town of Chersones was subjected to submergence destruction and burial under a layer of sediments at the time mentioned. In the historians' opinion, however, all the ancient greek settlements on the shore were several times living in the epoche of social decline or of ruin. It is well known today that they were overflowed by sea-water at the same time. It seems highly probable that the repeated desertion of the ancient town of Troy may also be explained in quite a similar way.

There is not an ideal metod of solving the problem. It has been affirmed by geology and egomorphology that among the characteristics of the submerging coasts the forming of bays, gulfs, inlets, and lagoons is of high importance. It has been proved that the origin of such a bay, etc., depends only on a subsidence of an isolated block of the earth's crust on the coast of emergence as well as on the coast of submergence which must be slower of course than is the velocity of the sinking block. A very long practice exists in the foundation of various types of harbours, and the gulfs and bays formed in this way were being found out always and everywhere as the best landing places for ships. By this time it has become perfectly evident that the problem of the subsiding towns and barbours may be solved successful in the way of complex investigations only. No doubt that they have to be of higher probability and correctness than the conceptions of isolated scientific branches.

List of figures

1. The emergence of the Finnish coast near the town of Vaasa (after Renkvist 1957 and Richter 1965). 1 — stand about the end of the 3rd century, 2 — stand about the end of the 8th century, 3 — stand in the middle of the 14th century, 4 — stand in the middle of the 20th century.
2. Differentiated tectonic movements of blocks on the Boso peninsula in the Bay of Tokyo found out by repeated levellings (after Miyabe 1935 and Carey 1963).
3. Isolated blocks subsidence on the raised coast of Estonia found out by repeated levellings (after Želnin 1963).
4. Oscillatory movements of the coast and repeated overflowing the ancient Greek settlement of Chersones on Crimea since the 9th century B. C. (after Kozlovskij 1965).
5. Overflowed town of Dioscuria and Sevastopolis in the bay of Suchumi.
6. Some of overflowed towns and harbours discovered today by archaeologists and sport-divers.
7. Transgression of Dunkerque and its phases on the Belgian shore (after Tavernier and Moormann 1954).
8. Accelerated rate of subsiding of the town of Tallin (after Lutsar 1965).
9. Coast subsiding near the town of Odessa (in mm/year) discovered by repeated levellings (after Bačmanov 1963).